

وله سرعة دوران  $w$  فإن حاصل الضرب  $w \cdot r$  لابد أن يبقى بدون تغيير . ويحدث مع كل تصغير في المسافة  $r$  زيادة في سرعة الدوران الزاوية  $w$  . وفي حالة الدوران السريع لا تحدث فقط قفلة في النجم . وإنما تحدث فيه أيضا تيارات كبيرة (الدوران الهاجري) تسير في مستويات تمر بمحور الدوران . أي تحتوي على «خط زوال» . وحتى بالنسبة للشمس بطيئة الدوران جدا . والتي يمكن حساب تركيبها جيدا بدون إعتبار لقوى الطرد المركزية . فإن هذه التيارات تظهر في مناطق تيارات حمل الهيدروجين . ولابد من أخذها في الإعتبار عندما نريد تحليل التفاصيل مثل الدوران التفاوتي للشمس .

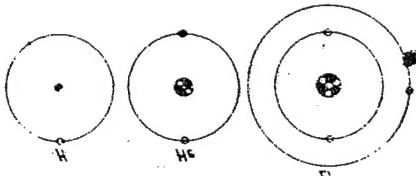
## تركيب الذرة

atomic structure

structure des atomes (sf)

Atombau (sm)

تطلق كلمة ذرة على أصغر جزء من عنصر كيميائي والذي لا يمكن تقسيمه إلى أكثر من ذلك بالطرق الكيميائية . وتتركب الذرة من مكونات أولية أصغر هي البروتونات والنيوترونات والالكترونات . يبلغ قطر الذرة بضع  $10^{-8}$  سم . وتتكون كل ذرة من نواة مشحونة بشحنة كهربية موجبة وحولها هالة مكونة من إلكترونات عليها شحنة سالبة . وفي الحالات العادية تتعادل الشحنة الموجبة مع السالبة . تتركز كتلة الذرة في النواة ذات الشحنة الموجبة . ومن المعروف أن النماذج الأولية لوصف الذرة غير كافية . إلا أنها تعطى بعض القواعد بصورة واضحة مثل النماذج التي تستخدم لتعليل الخطوط الطيفية . ومن هنا فقد



رسم تخطيطي لتركيب الذرة في حالة كل من الهيدروجين H ، والهيليوم He والليثيوم Li حيث يرمز  $e^-$  إلى الإلكترون و  $p^+$  إلى البروتون و  $n^0$  إلى النيوترون .

نعرف عنها حتى الآن أي شيء . وحديثا تم بدون سابق توقع إكتشاف عدم إستقرار المنبع القشري . ويحدث هذا عندما يكون للمنبع القشري إمتداد بسيط . وفي تأثيره فإن عدم الإستقرار هذا شبيه جدا بالفلاش الذي ذكر سابقا . فهو يؤدي إلى إرتفاع محلي في درجة الحرارة وزيادة في إنتاج الطاقة . ومن المثير أن عدم الإستقرار هذا يتكرر دوريا تقريبا وبدورات طولها من ١٠٠ إلى ١٠٠٠ سنة ، أي في وقت قصير بالنسبة لعمر النجم . تسمى هذه الظاهرة بالنفص الحراري . ولا يزال البحث جاريا عن عدم إستقرار يدفع النجم فيه بكتل كبيرة . كما هو الحال بالنسبة للنجم المركزي في سديم كوكبي .

النجوم غير الكروية : تصبح نظرية التركيب

الداخلي للنجوم معقدة جدا عندما نفحص نجوما تخضع لقوى تعمل على تشكيلها . يمكن أن تكون هذه قوى طرد في حالة النجوم الدوارة . أو قوى مد وجزر في حالة المزدوجات أو قوى مغناطيسية . وهذه القوى ليست متجهة من المركز أو إليه ومن هنا فإنها تعمل على الإختلاف عن الشكل الكروي . إن النظرية المضبوطة لهذه النجوم ترتبط بصعوبات كثيرة . لدرجة أننا لم نحصل حتى الآن منها على نتائج ملموسة ، تقارن مع نتائج النجوم الأخرى . ولأغراض كثيرة توجد نظريات مبسطة . لا تزال تفترض الشكل الكروي ونحصل منها على نتائج مفيدة مثلا للنجوم بطيئة الدوران . التي تكون فيها قوى الطرد أقل من قوى الجاذبية . أو لتطور المزدوجات المتلاصقة ( ————— ) تطور النجوم . التي يكون فيها تأثير تبادل الكتلة أكبر بكثير من قوى المد والجزر . ويختلف الحال عن ذلك في النجوم سريعة الدوران عندما يمكن مقارنة قوة الطرد مع قوة الجاذبية . ومن المحتمل أن يكون ذلك مهما في المراحل المتأخرة من التطور . عندما تكون المناطق المركزية قد إنكششت لدرجة كبيرة . وحيث أن دفع الدوران ( ————— ) لابد أن يبقى غير متغير . أي بالنسبة لجسيم مادي على بعد  $r$  من محور الدوران

أخذت هذه النماذج أساسا للتطور اللاحق. وأدت زيادة معلوماتنا عن تركيب الذرة إلى حلول لكثير من المسائل الفلكية.

(١) تتكون نواة الذرة من نويات هي بمثابة أحجار البناء فيها. ويتجمع في النواة عدد  $Z$  من البروتونات وعدد  $N$  من النيوترونات. أما نواة الهيدروجين فتتكون من بروتون بمفرده. تقدر كتلة البروتون بحوالى  $1.67 \times 10^{-24}$  جم. وقطره من المرتبة  $10^{-10}$  سم. ونوى الذرات الأخرى ليست أكبر من ذلك بكثير، أى أنها بلا إستثناء أقل كثيرا من حجم الذرة. يحمل كل بروتون شحنة كهربية موجبه تساوى شحنة الإلكترون في المقدار وتختلف مع شحنته في الإشارة. أما النيوترونات فهي على العكس من ذلك متعادلة كهربائيا.  $Z$  هي الشحنة النووية (العدد النووى) وتحدد إتماء نواة إلى عنصر كىاوى ما. وعلى سبيل المثال فإن  $Z = 1$  للهيدروجين  $(H)$ ،  $Z = 2$  للهليوم  $(H_2)$  وهكذا. كما أنها تحدد مكان العنصر في الجدول الدورى للعناصر. ووزن النواة أو عددها الوزنى  $A$  هو في نفس الوقت مجموع عدد النيوترونات والبروتونات أى أن  $Z + N = A$ . ومن الممكن أن يكون للنواة

ذات عدد معين من البروتونات أعداد مختلفة من النيوترونات ولهذا يمكن أن يكون لكل عنصر ذرات مختلفة في الوزن أى نظائره. ويميز النظير بكتابه العدد الوزنى قبل رمزه الكىاوى وإلى أعلى بينما يوضع العدد النووى قبل رمز العنصر وإلى أسفل. أى أن  $^1_1H$  يمثل الهيدروجين،  $^2_1H$  يمثل الهيدروجين الثقيل، الديتريوم،  $^3_1H$  يمثل الهيدروجين فوق الثقيل، التريتيوم. وتختلف النظائر المستقرة التى يوجد فيها عدد معين لكل عنصر وغير المستقرة أى المشعة. التى تتحول من تلقاء نفسها بعد عمر معين إلى نظير مستقر كنفس العنصر أو عن طريق سلسلة جديدة - إلى نظير عنصر آخر. وحسب النموذج القشرى لنواة الذرة يمكن تصور لبنات النواة، البروتونات والنيوترونات

كما لو كانت موجودة في قشرات. وعندما تمتلئ قشرة ما، وهو ما يحدث بالنسبة للأعداد السحرية  $N = 2, 8, 20, 28, 50, 82$ ، فإن النواة تكون مستقرة بصفة خاصة ضد دخول نيوترونات أخرى. ولا توجد نواة ذرة غير متغيرة بصورة مطلقة، بل إن هناك تفاعلات طبيعية وصناعية كثيرة تتحول بمقتضاها نواة ذرة إلى نواة ذرة أخرى (التحول النووى). وبهذا فمن الممكن على سبيل المثال بناء نوى ثقيلة من أخرى خفيفة عن طريق إضافة نيوترونات أخرى إليها. وكذلك يمكن تحويل نواة ثقيلة إلى أخرى خفيفة عن طريق الإنشطار النووى. والاندماج النووى، أى اندماج نوى خفيفة لتعطى أخرى ثقيلة هو المهم في الفيزياء الفلكية. بهذه الطريقة يتحول الهيدروجين إلى هليوم حيث تتكون نواة هليوم من كل أربعة من نوى الهيدروجين. وتمثل تلك الاندماجات النووية المصدر الرئيسى في إنتاج طاقة النجوم، فدرة الهليوم أخف بكثير من أربع ذرات هيدروجين. وفرق الكتلة  $m$  هذا يتحول أثناء الاندماج إلى طاقة  $E$  حسب العلاقة  $E = mc^2$ ،  $(c = \text{سرعة الضوء})$ . المأخوذة عن النظرية النسبية. وفرق الطاقة يتناسب مع طاقة الربط المختلفة في النواة.

وعن نشأة شيوخ النوى المختلفة إنظر ←  
نشأة العناصر. ← شيوخ العناصر.

(٢) نخطط بالنواة هالة الإلكترونات التى تحتوى في الحالة العادية عددا من الاليكترونات مساو لعدد البروتونات في النواة. في هذه الحالة تصبح الذرة متعادلة كهربائيا بالنسبة لمن خارجها. وكتلة الإلكترون تبلغ  $\frac{1}{1836}$  من كتلة البروتون ولكن له نفس الحجم وعليه شحنة معاكسة للبروتون. وهالة الاليكترونات هي محل الصفات الكىاوية والضوئية للذرة. وتبعاً ل النموذج مبسط للذرة - ولكنه غير دقيق حسب معلوماتنا الحالية - فإن الاليكترونات توجد كذلك في قشرات حول النواة وتدور حولها كما تدور الكواكب حول الشمس. ويمكن أن يتواجد

يتركه في عملية إنبعاث ذاتية إلى مستوى الخمود ، طويل جدا نسبيا . وهذا الوقت الذي يسمى عمر المستوى في المستويات العادية من الرتبة  $10^{-10}$  ث بيما يبلغ في المستويات شبه المستقرة  $10^{-8}$  ث أو أكثر يمكن أن ينتقل خلالها الإلكترون بواسطة الاصطدام أو امتصاص الضوء إلى مستوى طاقة آخر يسمح بالانتقال إلى مستوى الخمود . أما إذا حدث وكان عدد الصدمات والامتصاصات في الثانية الواحدة صغير جدا كما في ————— مادة ما بين النجوم فإن الإلكترون يحتاز هذا الوقت الطويل وهو في المستوى شبه المستقر وينتقل بعده إلى مستوى الخمود مشعا بذلك الخطوط الطيفية المنوعة . وإذا ما إنتقل إلكترون إلى مستوى عال جدا من الطاقة فليس من الضروري أن ينتقل مباشرة إلى مستوى الخمود بل من الممكن أن يقطع الطريق في إنتقالات كثيرة مارا بالمستويات البينية ويشع بذلك كثيرا من الخطوط الطيفية تختلف في ذبذبتها عن ما إمتصه من ضوء . تسمى هذه الظاهرة بالترهر . في جميع ما ذكر من حالات يظل الإلكترون مرتبطا بالذرة ولذلك فإن إنتقالاته تسمى بالانتقالات المقيدة - مقيدة .

إذا ما إزدادت الطاقة التي يحصل عليها الإلكترون من الضوء ، على سبيل المثال عن حد معين ، يفصل الإلكترون كلية عن الذرة تاركا الجزء الباقي منها بفائض شحنة موجب فيطلق عليه إسم أيون وتسمى عملية الانفصال نفسها ————— بالتأين ، كما يسمى أقل قدر من الطاقة يؤدي إلى التأين بطاقة التأين . وما زاد من الطاقة عن طاقة التأين يكتسبه الإلكترون كطاقة حركة . ولما كانت طاقة الحركة تأخذ قيا إختيارية ، أي ليست مثل مستويات الطاقة المحددة في الذرة فإنه من الممكن في عملية التأين إمتصاص كم ضوئي طاقته وبالتالي ذبذبه إختيارية . وفي كثير من عمليات التأين يتم إمتصاص حيز كبير نسبيا من الطيف محدد من ناحية الموجات الطيفية الطويلة ، إذ لابد أن يحتوي الكم

الإلكترون في حالات طاقة مختلفة ومميزه للعنصر الذي يحتويه . أي أنه يمكنه الحركة فقط في مدارات لها أقطار معينة . وتسمى الحالة ذات أصغر قدر من الطاقة بحالة الخمود أو مستوى الخمود . وتسمى الحالات ذوات الطاقات الأعلى بالمستويات أو الحالات المثارة . يمكن أن يرتفع الإلكترون من مستوى أدنى إلى مستوى أعلى في الطاقة . وتسمى هذه العملية ————— بالإثارة . ولابد لذلك من أن يحصل الإلكترون على فرق الطاقة بين المستويين . من الممكن أن يتم هذا نتيجة للإصطدامات أو بامتصاص الضوء . فإذا كانت  $\Delta E$  هي فرق الطاقة فإن الذبذبة للضوء المستص تعطى بالعلاقة 
$$\nu = \frac{\Delta E}{h}$$
 . على أن  $h$  تدل على كم بلانك . وإذا إمتصت ذرات كثيرة من عنصر ما نفس الذبذبة فإنه ينشأ خط إمتصاص . وبعودة الإلكترون من تلقاء نفسه بعد فترة قصيرة إلى مستوى طاقة أقل يتم إشعاع فرق الطاقة . أي ينشأ خط إنبعاث طيفي . ويمكن أيضا حساب ذبذبة خط الانبعاث بالعلاقة  $\nu = \frac{\Delta E}{h}$  . وبطريقة عكسية يمكن الحكم على مستويات الطاقة في الذرات من خلال أرساد الخطوط الطيفية . ويوجد رسم توضيحي للإنتقالات الممكنة في ذرة الهيدروجين تحت لفظ ————— الطيف .

ليست جميع الانتقالات بين مستويات الطاقة الموجودة في الذرة مسموح بها . وإنما توجد قواعد للإختيار يمكن تبعها أن يكون الإنتقال من مستوى طاقة معين إلى آخر ممنوعا . فإذا ما كانت الإنتقالات من إحدى مستويات الطاقة غير العالية إلى مستوى الخمود ممنوعة فإن مستوى الطاقة هذا يسمى شبه مستقر وبظرة ادق نجد أن الإنتقالات من مستويات الطاقة شبه المستقرة ليست مستحيلة ولكنها تحدث فقط بإحتمالات أصغر بكثير من الإنتقالات المسموحة . وبمعنى آخر فإن وقت الإنتظار الذي يقضيه إلكترون في مستوى طاقة شبه مستقر قبل أن

## الترنج

nutration  
nutration (sf)  
Nutation (sf)

هو التذبذب قصير الدورة في  
النسق .

## ترنج إجماء الضوء

scintillation  
scintillation (sf)  
Szintillation (sf)

هو تعبير عن عدم استقرار الهواء :  
التالى .

## ترنج القطب

mouvement of the pole  
mouvement du pôle (sm)  
Polschwankung (sf)

← ارتفاع القطب .

## التروبوسفير

troposphere  
troposphère (sf)  
Troposphäre (sf)

هو الطبقة السفلى من  
الجوى الأرضى ويحده من أعلى التروبوبوز  
والتروبوسفير محل العمليات الجوية .

## الترويات

trojans, troyan group  
groupe troyen (sm), planètes troyennes (pf)  
Trojaner (pm)

هى مجموعة من الكويكبات تتحرك بالقرب من  
نقطتي التحرر  $L_4$  و  $L_5$  بين الشمس والمشتري .  
الأمر الذى يمثل حالة خاصة من مسألة  
الثلاثة أجسام . ويتفق زمن دوران هذه الكويكبات  
ونصف القطر الأكبر لمدارها تقريبا مع مثلها  
للمشتري ، بحيث يظهر ذلك في شيوخ أنصاف محاور  
الكويكبات عند الموقع التناسي ١ : ١ (الشكل  
← الكويكبات) . تم حتى الآن إكتشاف  
١٥ من الترويات ، كان أولها في عام ١٩٠٦ .  
حيث إكتشفه «وولف» . وقد سميت كل هذه  
الكويكبات بأسماء أبطال من الحرب الترويانة :

الضوى المتمصر على الحد الأدنى من الطاقة اللازم  
لعملية التأين . في عملية الإتحاد يقوم الأيون  
بامتصاص إلكترون حر من الخارج وبذلك يشع  
الإلكترون طاقة تأينه وكذلك طاقة حركته . وكلامن  
التأين والإتحاد هما عبارة عن عمليتين إنتقال يكون  
الإلكترون في الأولى حرا وفي الثانية مرتبطا بالذرة .  
ومن هنا فإنها تسميان بعملية الإنتقال المقيدة -  
الحره .

يمكن أيضا أن تتأين الذرات عديدة  
الإلكترونات أكثر من مره . بل ومن الممكن أيضا  
أن تنفصل عنها جميع إلكتروناتها . وفي هذه الحالة  
تكون الذرة متأينه كلية . .

هناك نوع آخر من التأين يحدث في حالة إلتصاق  
الإلكترون بذرته متعادلة فتصبح أيونا سالبا (آنيون) .  
فمثلا يعطى إرتباط إلكترون ثاني بذرته الهيدروجين  
المتعادلة أيون الهيدروجين السالب ، الذى يمكنه عن  
طريق إمتصاص جزء كبير من الطيف العوده إلى  
تعادله بعد أن يفصل عنه الإلكترون . ويلعب  
إمتصاص الضوء بواسطة أيون الهيدروجين السالب  
دورا كبيرا في أجواء النجوم .

من الممكن أيضا أن تتغير طاقة حركة إلكترون  
متحرك في مجال مغناطيسى بدون حدوث إلتحام .  
ويتمص الإلكترون الفرق بين طاقته قبل وبعد التغير  
أو يشعها على حسب ما إذا كان ذلك فيه زيادة لطاقته  
أو إنقاصا لها . تعرف هذه العملية بالإنتقالات  
الحره - حره ، وتتسبب في إنتاج طيف مستمر ، لأن  
الإلكترون في حالته الحره يمكنه أخذ قيم إختياريه من  
الطاقة ، أى يمتص أو يشع ضوءا له ذبذبات  
إختيارية .

## التركيب الكيماوى

chemical composition  
composition chimique (sf)  
chemische Zusammensetzung (sf)

← شيوخ العناصر .

جزيرات غلاف الأرض الجوى . ولما كان ضوء الشمس قصير الموجة تشتت بقوة أكبر فإن السماء تبدو زرقاء . أما الضوء الأحمر طويل الموجة فيصلنا على النقيض من ذلك بدون عائق وبالقرب من الأفق ، وهناك حيث يمر الضوء خلال كحل هوائية كبيرة ، تبدو الشمس حمرة ، لأننا حينذاك - وإلى حد ما - نرى فقط الشعاع الأحمر الذى ينفذ بدون تشتت خلال الغلاف الجوى .

ويبدو تشتت الضوء بواسطة الجسيمات الأكبر أكثر تعقيدا فى معالجته . وهنا يختلف تماما اعتماد قوة التشتت على طول الموجة .  
من الممكن أيضا أن يتشتت الضوء على الإليكترونات الحرة .

## التشديد

mounting, mount  
monture (sf)  
Montierung (sf), Aufstellung (sf)

هو نظام إقامة ————— منظور .

## تشديد الأجهزة

mounting of the instruments  
monture des instruments (sf)  
Aufstellung der Instrumente (sf)

المنظير و ————— المنظار و —————  
الأجهزة و ————— آلة القياس الزاوية .

## التشديد الركبى

knee mounting  
montage de genou (sm)  
Knienmontierung (sf)

إحدى طرق تشديد المناظير ( ————— )  
( المنظار ) .

## التصحيح الحرارى أو البولومترى

bolometric correction  
correction bolométrique (sf)  
bolometrische Korrektur (sf)

هو عبارة عن الفرق بين ————— اللعان  
البولومترى واللمعان البصرى .

فجوار  $L_4$  يوجد أشيلز ، هيكتور ، ونستور ، وأجا  
ممنون ، وأوديسيوس ، وأياكس ، ومنيلوس .  
وديميدس . وتلامون . وبجوار  $L_5$  يوجد كل من  
باتروكلوس ، وبرياموس ، وإينياس . وأنشيزس .  
وتروالوس ، وأنتيلوخوس .

## تريتون

Triton

أحد ————— توابع نبتون .

## التريح

parallax  
parallaxe (sf)  
Parallaxe (sf)

تماما مثل ————— اختلاف المنظر .

## تساوى الليل والنهار

equinox  
équinoxe (sm)  
Tagundnachtsgleiche (sf)

تماما مثل ————— الاعتدالين .

## التسدیس

sexangulation  
sixangulation (sf)  
Sextilschein (sm)

————— الأوضاع النسبية للشمس والأرض  
والكواكب .

## تسمية النجوم

designation of stars  
désignation des étoiles (sf)  
Benennung von Sternen (sf)

————— أسماء النجوم .

## تشتت الضوء

light scattering  
diffusion de la lumière (sf)  
Lichtstreuung (sf)

هو تغير مسار الضوء بواسطة جسيمات صغيرة .  
وتشتت راىلى هو أبسط الأنواع و معالجته . وهو  
التشتت على جسيمات صغيرة بالنسبة لطول الموجه  
الضوئية . يزداد هذا التشتت و الشدة كلما صغر طول  
الموجه  $\lambda$  ( يتناسب معامل التشتت مع  $\lambda^{-4}$  )  
ومثال تشتت راىلى هو تشتت ضوء الشمس على

إن النجوم التي يمكن رؤيتها هذه الأيام لم تنشأ كلها في نفس الوقت. ومن هنا فإن منها مجوما مختلفة العمر، أي مجوما في مراحل مختلفة من تطورها. ويعلل هذا جزئيا الأنواع العديدة من النجوم. أما قيمة عمر النجم أو النوع النجمي فهذا ما لا نعرفه. تمثل مهمة نظرية تطور النجوم في إيضاح أى الأنواع النجمية تطور من الآخر. أى أنه لا بد لنا أن نستنتج النتائج الزمى من التنوع. لهذا الغرض يجرى حل معادلات التركيب الداخلى للنجوم أولا كحالة ابتدائية معقولة. وبهذا فإننا لا نحصل فقط على معلومات عن التركيب الداخلى للنجم وإنما أيضا عن اتجاه تغير هذه الحالة في فترة زمنية قصيرة. ويعطى ذلك إمكانية لتحديد تركيب النجم في وقت لاحق. بعد ذلك يتخذ هذا كنقطة بداية لفترة زمنية أخرى، وهكذا. ولكل من هذه الأوقات الزمنية تعطى الحسابات ليس فقط توزيع كل من الكتلة ودرجات الحرارة والضغط داخل النجم وإنما أيضا مقادير قوة الإشعاع ودرجة الحرارة الفعالة للنجم. وهاتين البعدين يمكن رسمهما في شكل هرتز سبرنج - رسل (HRD) تماما مثلما نعمل في حالة النجوم المرصودة. ومع تطور النجم المحسوب تتغير قيمتا قوته الإشعاعية ودرجة حرارته الفعالة، ويعنى ذلك أن النقطة الممثلة للنجم تتحرك في الشكل بمرور الزمن، قاطعة بذلك مسافة في تطور النجم. وبهذا فإننا نستطيع المقارنة عن قرب بالأرصاد: فعند وجود نقطتين مجمين في HRD فإنه يمكن أن تكون هاتين النقطتين مرحلتين تطور مختلفين لنجم أولى واحد. وهذه النجوم الأولية (المتشابهة) يمكن أن تكون قد نشأت في أوقات مختلفة؛ أى أن النجمين المرصودين يمكن أن يكون لهما حاليا عمريين مختلفين، ومن الأشكال المحسوبة يمكن قراءة الاختلاف في عمرهما.

يتضح من النظرية أن السبب الأساسى لمعظم التغيرات في تركيب النجم يكن في إشعاع الطاقة الكبير. وتأتى هذه الطاقة من المخازن الكبرى جدا والمتجددة أيضا، الموجوده في داخل النجم. وعندما تنضب هذه المخازن فإن النجم إما أن يقتصد في

## التصنيف

Durchmusterung (sf)

← مصنف .

## تصنيف بون

Bonner Durchmusterung, B. D (sf)

← مصنف نجمى

## تصنيف كوردوبا

Cordoba Durchmusterung (sf)

← مصنف نجمى .

## التصوير

astrography

astrographie (sf)

Astrographie (sf)

← الفوتوغرافيا .

## التصوير الفوتوغرافى

photography

photographie (sf)

Photographie (sf)

← الفوتوغرافيا .

## تطور النجوم

stellar evolution

évolution des étoiles (sf)

Sternentwicklung (sf)

هو التغير الذى يحدث للنجوم مع الزمن وبصورة غير دورية. والنجوم عموما عبارة عن تركيبات مستقرة (← التركيب الداخلى للنجوم) تتغير فقط في غضون فترات زمنية تقاس ببلاتين السنين. من هنا فإن التغير المصاحب لنجوم ما، مثلا في نصف القطر أو قوة الإشعاع لا يمكن تتبعه مباشرة بالقياس. إلا أن التغير يمكن تحديده كنتيجة للتفكير والحساب النظرى. وحتى المتغيرات النابضة ثابتة نسبيا. أما التغير الدورى السريع الذى نشاهده في اللعنان فيأتى من تارجع النجم حول حالة تعادل؛ وهذا التعادل المتوسط يتغير فقط ببطء شديد. وعلى عكس ذلك فإن مجوم النوقا تمثل شذوذا. ومثال ذلك السوبرنوفات التى تفقد أثناء انفجار لمعان قصير جزءا كبيرا من كتلتها.

إشعاعاً أو يبحث عن مصدر طاقة آخر. وكلا الأمرين يتطلب تغييراً، أي أن النجم يتطور. وتختلف المخازن للطاقة أيضاً في حجمها، أي أنها تكفي لفترات زمنية مختلفة. من هنا فإن مراحل التطور المختلفة تستغرق أزمنة مختلفة عن بعضها ويمكن تقديرها وتحديد المقياس الزمني لكل مرحلة من التطور. وما يلبس دوراً كبيراً في أثناء تطور النجم ما يحدث من تغيير في تركيبه الكيماوي وفي كتلته.

المقاييس الزمنية للتطور: المقياس الزمني هو عبارة عن فترة زمنية مميزة تقريباً لطول مرحلة معينة من التطور، مثلاً لفترة إحتراق الهيدروجين، التي يظل النجم أثناءها قريباً من التابع الرئيسي. وتعتبر آخر: فإن المقياس الزمني عبارة عن فترة زمنية مميزة لطول الفترة الزمنية التي يتطلبها النجم لكي ينتقل من مرحلة تطور إلى أخرى. وتدل للمقاييس الزمنية القصيرة على تطور سريع، بينما الطويلة على تطور بطيء. ويوجد لنجم ما ثلاثة أنواع من المقاييس الزمنية هي: المقاييس النووية، والحرارية أو الإنكماشية، والهيدروستاتيكية. وهذه المقاييس الزمنية تختلف من نجم إلى آخر وخصوصاً عندما تختلف كتل النجوم.

الزمني يقل من ناحية أخرى مع ما يتم إستفاده كل ثانية من طاقة (أي مع الزيادة في القوة الإشعاعية). وإذا ما إنتقلنا من النجوم صغيرة الكتلة إلى الأخرى كبيرة الكتلة نجد أن مخزون الوقود يزداد تماماً مثل الكتلة أما قوة الإشعاع فتزداد أسرع بكثير وبالتحديد مثل الأس الثالث للكتلة (→ علاقة الكتلة وقوة الإشعاع). ومن هنا يقل في النهاية المقياس الزمني النووي بشدة ناحية الكتل الكبيرة للنجوم. وبالنسبة لنجم كتلته قدر كتلة الشمس يقدر المقياس الزمني لإحتراق الهيدروجين ببضع بلايين السنين، أما بالنسبة لنجم كتلته قدر كتلة الشمس عشر مرات فإن هذا المقياس يبلغ ١٠ مليون سنة فقط. ويعتبر المقياس الزمني لإحتراق الهيدروجين أكبر مقياس زمني في حياة نجم ما، أي أن النجم يبقى في هذه المرحلة من التطور - قريباً من التابع الرئيسي - لأطول فترة من حياته. من هنا فإن معظم النجوم توجد في التابع الرئيسي. (يتمشى هنا مع الحقيقة العامة: كلما صغر المقياس الزمني، أي كلما إزدادت سرعة التطور، كلما قل عدد النجوم التي نقابلها في حالة التطور قيد المصحص).

(ب) والمقياس الزمني الحراري والانكاشي لها تقريباً نفس الطول الزمني ويطلق عليهما معا مقياس كلفن - هلمولتز - الزمني. وهما يعطيان تقريباً الفترة الزمنية التي يمكن أن يتغير فيها مخزون النجم من الطاقة الحرارية بدرجة كبيرة. وتلك عبارة عن الفترة الزمنية التي يمكن للنجم فيها أن ينكمش من سحابة غازية كبيرة إلى حجمه الذي نراه عليه الآن. ولتقدير هذا المقياس الزمني فإنه من المهم مقارنة المخزون الحراري بالفقد الإشعاعي لكل ثانية. ويبلغ هذا للمقياس الزمني - بالحساب غير الدقيق - لنجم ما فقط واحد في المائة من مقياس زمنه النووي؛ وهو أيضاً للنجوم كبيرة الكتلة أصغر منه للنجوم صغيرة الكتلة. وفي حالة نجم كتلته قدر كتلة الشمس يبلغ المقياس الزمني الإنكاشي حوالي ٥٠ مليون سنة بينما يبلغ حوالي

(أ) يعطى المقياس الزمني النووي تقريباً الفترة الزمنية التي يتغذى فيها ما بدأ من مخزون الطاقة النووية في المنطقة المركزية للنجم. وتعمل التفاعلات النووية المنتجة على تحويل نوع من النوى (الوقود) إلى أنواع أخرى؛ على سبيل المثال تحول الهيدروجين في أثناء الإحتراق الهيدروجيني إلى هليوم. وينفذ كل الوقود الموجود تقف هذه المرحلة من التطور. وأهم وأطول مقياس زمني لنجم ما هو إحتراق هيدروجينه المركزي، والذي يبقى أثناءه النجم فوق أو قريباً جداً من التابع الرئيسي في HRD. يطول هذا للمقياس الزمني كلما إزدادت كمية المخزون الأول من الوقود (الهيدروجين)، أي أن هذا المقياس في النجوم كبيرة الكتلة أكبر منه للنجوم صغيرة الكتلة. إلا أن المقياس



أيضا الكمية التي تتحول في الثانية الواحدة من عنصر إلى آخر. فإذا ما عرفنا لأنموذج نجمي توزيع درجة الحرارة والكثافة داخل النجم، فإنه يمكننا لكل مكان في النجم حساب عدد ذرات الهيدروجين التي تتحول إلى هليوم، على سبيل المثال. وبناء على ذلك فإننا نغير التركيب الكيماوي للنجم بحيث يناظر نقطة زمنية متأخرة نوعا ما ثم نقوم بحساب أنموذج نجمي جديد لهذا التركيب الكيماوي الجديد وهكذا.

تبدأ التفاعلات النووية في الحدوث فقط عند درجات حرارة عالية جدا. ومن هنا فإن التحول النووي يُفَضَّلُ الحدوث في منطقة النجم المركزية، أي المكان الذي تكون فيه درجة الحرارة أعلى ما يمكن. فقط عند نفاذ كل الوقود الموجود تنتقل التفاعلات النووية إلى القشرة الكروية المحيطة بالمنطقة المركزية، أي هناك في المكان الذي ما يزال يحتوى على وقود. ومن المهم بالنسبة للتطور اللاحق للنجم أن تبقى العناصر المتكونة حديثا في مكانها أو تتوزع على مناطق كثيرة بفعل الحركة المادية. تحدث مثل هذه الحركات المادية في المناطق التي تنتقل فيها الطاقة بالحمل (← التركيب الداخلي للنجم).

وتحتوى مثلا نجوم التتابع الرئيسي كبيرة الكتلة، أثناء احتراق الهيدروجين على منطقة مركزية تسود فيها تيارات الحمل. وتظل هذه المنطقة دائمة التقلب حتى ينفذ كل ما فيها من هيدروجين. أما نجوم التتابع الرئيسي صغيرة الكتلة فلها على النقيض من ذلك منطقة خارجية تسود فيها تيارات الحمل. ولا يحدث فيها تفاعلات نووية بسبب انخفاض درجة الحرارة. وتبدأ منطقة تيارات الحمل هذه في إحتواء الأجزاء الداخلية العميقة أيضا من النجم والتي تحول كل الهيدروجين فيها إلى هليوم. ثم بعد ذلك يتوزع هذا الهيموم على كل منطقة تيارات الحمل. ولو كان النجم يدور بسرعة كافية فإنه من الممكن حدوث مجموعات من تيارات كبيرة الحجم. وهذه لا تعتبر مناطق مختلفة في تركيبها الكيماوي. أي لا تؤدي إلى خلط مؤثر.

١٠٠٠٠٠ سنة لنجم أكبر من ذلك عشر مرات. أي أن النجم يتطور بسرعة جدا في أجزاء تطوره الذي يغطى فيها إشعاعها من طاقة الإنكماش (طاقة الجاذبية).

(ج) والمقياس الزمني الهيدروستاتيكي هو أقصرها، ويعطى تقريبا الفترة الزمنية التي يحتاجها النجم حتى يعود ثانية من تغيير حادث في ضغطه إلى وضع التوازن (الهيدروستاتيكي) (← التركيب الداخلي للنجم)، أي يتأرجح حول وضع تعادله. ويمكن اعتبار المقياس الزمني الهيدروستاتيكي على أنه الفترة الزمنية التي تحتاجها موجة صوتية لعبور النجم مرة واحدة. يعتمد بذلك هذا المقياس الزمني على كل من إمتداد النجم وسرعة الصوت، أي قبل كل شيء على درجة الحرارة السائدة في الطبقات الخارجية الباردة من النجم. يقدر المقياس الزمني الهيدروستاتيكي في حالة العالقة الحمر بحوالى من يوم واحد إلى ١٠٠ يوم، ويبلغ في حالة الشمس حوالى ساعة وفي حالة الأقزام البيضاء حوالى دقيقة وأحدة أو أقل. وهذا الزمن قصير جدا بالمقياس بعمر النجم الكلى، ولذا لا نجد فيه فرصة لرصد النجوم أثناء تطورها نظرا لسرعة حدوث ذلك. إن هذا يدل على أن النجم يتأرجح بكثرة كمتغير حول وضع تعادل يتغير ببطئ، مثلا بمعدل التغير النووي.

يحدث تغيير في التركيب الكيماوي للنجوم بواسطة التفاعلات النووية التي تؤدي إلى إنتاج طاقة النجوم. خلال هذه التفاعلات يتحول على سبيل المثال، الهيدروجين إلى هليوم (أثناء احتراق الهيدروجين)، أو الهليوم إلى كربون (أثناء احتراق الهليوم) - أو تتحول هذه العناصر في التطور الذي يحدث بعد ذلك إلى عناصر أثقل. وحسب ما ذكر سابقا فإن التغيرات تحدث ببطئ شديد جدا وبالتحديد بالمقياس الزمني النووي. ومن الفزياء النووية نستطيع معرفة عدد التفاعلات النووية التي يتم في كثافة ودرجة حرارة معينة. بذلك فإننا نعرف



ومن المحتمل حدوث خلط فعال بعد ذلك ، عندما تدور المنطقة المركزية أسرع بكثير ما حولها .

مقارنة النظرية بالأرصاد : حتى يتم اختبار صحة النتائج النظرية ، فلا بد من مقارنتها بالأرصاد . وفي هذا الشأن توجد هناك صعوبة تأتي من الاختلاف التام في أعمار النجوم المرصودة . ولذلك فإنه من عظيم الفائدة أن نعرف مجموعة من النجوم لها نفس العمر - حتى ولو لم يكن هذا العمر نفسه معروفا . ومثل هذه النجوم متساوية العمر هي الحشود النجمية ، التي نشأت أفرادها في نفس الوقت من سحابة غازية ومن هنا فقد كان لها أولا نفس التركيب الكيماوي . وعلى ذلك فإن أفراد الحشد تختلف فقط في كتلتها . وإذا ما حسبنا النماذج النجمية لنفس التركيب الكيماوي الأولى ولكن لكل مختلفة ، فإن هذه النماذج لابد أن تعكس صورة كل نجوم الحشد المرصودة بعد وقت تطور معين (يساوي عمر الحشد) . وللأنواع المختلفة من الحشود النجمية أنواع مختلفة ومميزة من شكل هرتز سبرنج - رسل . ومن هنا ندرس ما إذا كان النموذج المحسوب للنجم والذي وقعنا كل من درجة حرارته الفعالة وقوته الإشعاعية بالمثل في HRD يمكنه تفسير لأشكال المناظرة للحشد النجم المرصود . إن المزدوجات المتلاصقة تمدنا بإمكانية أخرى للمقارنة ؛ حيث أن هذا الزوج من النجوم قد نشأ في نفس الوقت ، أي أن عمرهما واحد ، بحيث تعطيان نفس الميراث مثل الحشد النجمي . بالإضافة إلى ذلك فإنه من الممكن في حالة المزدوجات النجمية معرفة كتلة كل نجم وذلك من حركة النجمين .

إن حسابات التطور تعطي نتائج مختلفة تماما بالنسبة لمراحل التطور المختلفة لنجم ما (على سبيل المثال بالنسبة للإتكاش الأولى أو مرحلة احتراق الهيدروجين المركزي) ، وكذلك بالنسبة للكتل المختلفة . وحاليا فإننا نعرف تطور حالة التابع الرئيسي جيدا وكذلك تطور النجوم كبيرة لكتلة (أكبر من ضعف كتلة الشمس) في أثناء احتراق كل من

التطور في حالة التابع الرئيسي : تنشأ النجوم بالإتكاش من السحابات المادية فيها بين النجوم (كسموجوني) . ويبدأ هذا الإتكاش ، عندما تكون السحابة كثيفة لدرجة تجعل الجاذبية المتبادلة لجسمياتها تتغلب على القوى التي تحاول تفريق السحابة عن بعضها . وفي أثناء الإتكاش يمكن بوضوح التفريق بين فترتين : إحداهما قبل والأخرى بعد الوصول إلى حالة التعادل الميكانيكي .

تسقط المادة أولا في اتجاه المركز ، بينما لا يزال النجم لم يصل إلى مرحلة التعادل الميكانيكي (التركيب الداخلي للنجوم) . هذا الجزء من التطور صعب في حسابه ومن هنا فلا توجد له إلا نتائج قليلة . ونظرا لعدم وجود تعادل ميكانيكي فإن الإتكاش يحدث بسرعة جدا . ولهذا السبب لا نجد أجساما مرصودة ، تدل بدرجة لا تقبل الشك على هذا الجزء من التطور . ولابد أن يكون النجم أولا واسع الإمتداد وضعيفا في قوة إشعاعه جدا . وفي أثناء الإتكاش يقل هذا الإمتداد وترداد قوة الإشعاع فيتحرك لذلك النجم في HRD من أقصى اليمين أسفل إلى أعلى ناحية اليسار ، حتى يصل إلى خط هاياشي (التركيب الداخلي للنجوم) . وفي أثناء ذلك التطور يعبر النجم بسرعة هذا الجزء من الشكل ، المحرم على النجوم الموجودة في حالة تعادل ميكانيكي .

تصبح الحسابات أبسط من ذلك بكثير ند اللحظة التي يدخل فيها النجم حالة التعادل الميكانيكي . ففي هذا الوقت يوجد النجم تماما فوق خط - هاياشي وعند قوى الإشعاع العالية . وكل النجوم على هذا الخط فإن النجم يسوده من مركزه إلى

أولى بخلد النجم إلى الإستقرار ويتطور بعد ذلك فقط بمنتهى البطء ، وبالتحديد بالقياس الزمنى النوى . في البداية يكون للنجم في كل مكان نفس التركيب الكيماوى ، أى أنه متجانس ، إذ أن التفاعلات النووية لم تُنَّح لها بعد طويلا من الوقت لتحويل الهيدروجين إلى هليوم . في هذا الوقت يوجد النجم في *HRD* فوق التابع الرئيسى ، وبطريقة أدق في التعبير عند العمر - صفر على السطح الرئيسى . وغالبا ما نخصى عمر النجم منذ بداية إحترق الهيدروجين ، حيث أن الوقت القصير الذى قضاه النجم في الإنكماش لا يؤثر نسبيا في عمره . ويكون التابع الرئيسى ذو العمر - صفر الحد الأسفل من حزام التابع الرئيسى العريض بعض الشيء . في هذه الحالة يبلغ إمتداد النجم حوالى ٢٧ قدر نصف قطر الشمس وله ٦٠٠ مرة قدر قوة إشعاعها ، كما تبلغ درجة حرارته الفعالة ١٧٦٠٠ درجة ، وهو بذلك نجم تتابع رئيسى من النوع الطبقى B5 ويحدث في هذا النجم إنتاج الطاقة بالجوار المباشر للمركز ، وهو المكان الذى تكون فيه درجة الحرارة (حوالى ٢٦ مليون درجة) . والكثافة (حوالى ٢٠ سم<sup>٣</sup>) على أعلى قيمة لها وهنا تحول التفاعلات النووية باستمرار الهيدروجين إلى هليوم . وهذا الهليوم حديث التكوين يتم توزيعه بصورة دائمة وبانتظام داخل ٢٠٪ من كتلة النجم حول مركزه ، لأن الطاقة تتقل هناك بواسطة تيارات الحمل . في المنطقة المركزية التى تسودها تيارات الحمل ، التى تصغر باستمرار مع الزمن وتزداد كمية الهليوم باستمرار وبقل دائما محتوى الهيدروجين . ويعتبر هذا هو السبب فما يبدأ الآن من تطور .

بينما يُستهلك الهيدروجين في المنطقة المركزية ، يتحرك النجم في *HRD* ببطء ناحية اليسار وإلى أعلى بعض الشيء . أى أن النجم يُزيد بذلك من قوته الإشعاعية بعض الشيء . ويتغلب النجم على النقص في الوقود بالنسبة للتفاعلات النووية بأن يدع منطقته المركزية تنكمش بسيطا ، وبذلك تسير التفاعلات

سطحه تيارات الحمل ، ويستمد إشعاع طاقته العالى عن طريق الإنكماش ، الذى يعمل على تحرير طاقة الوضع . يتم إشعاع جزء من هذه الطاقة والجزء الآخر يتحول إلى طاقة حرارية ، تعمل على تسخين داخل النجم . في أثناء هذا الإنكماش يتحرك النجم في *HRD* فوق خط - هاباشى إلى أسفل مقللا من نصف قطره وقوته الإشعاعية . يبدأ هذا التطور سريعا ، إلا أنه يبطىء تدريجيا كلما إنخفضت قوة إشعاعه (أى انخفاض إستهلاك طاقته) . وعندما تنخفض قوة إشعاعه بدرجة كافية ، فإن النجم يتوقف عن أن تسوده تيارات الحمل ويبدأ من المركز في بناء منطقة متزايدة لا تتقل فيها الطاقة بفعل تيارات الحمل وإنما بواسطة الإشعاع . بذلك يترك النجم أيضا خط - هاباشى (الذى توجد فوقه فقط النجوم التى تسودها كلية تيارات الحمل) ويتحول في *HRD* إلى ناحية اليسار في إنجاه التابع الرئيسى . يصل النجم إلى هذا التابع عندما تكون درجة حرارة منطقته المركزية قد إرتفعت بفعل الإنكماش بدرجة تسمح ببداية التفاعلات النووية المنتجة للطاقة ، وبذلك تنتهى فترة الإنكماش الأولى وتستمر هذه الفترة لمدة تطول كلما صغرت كتلة النجم (أنظر أعلاه) . أى أن النجوم كبيرة الكتلة تصل إلى التابع الرئيسى مبكرا قبل النجوم صغيرة الكتلة . هذا ويفسر شكل هرتز سبرنج - رسل لبعض الحشود النجمية حديثة العبر جدا : ففي هذه الحشود نجد أن التابع الرئيسى ممتلىء فقط في جزئه الأعلى ، أى عند الكتل الكبيرة للنجوم ، بينما عند قوى الإشعاع المنخفضة ؛ أى الكتل الصغيرة ، ماتزال النجوم توجد ناحية اليمين أعلى من التابع الرئيسى وفي حالة الإنكماش

إحترق الهيدروجين والهليوم في حالة النجوم كبيرة الكتلة : نرى مثلا لذلك في التطور المحسوب لنجم كتلته قدر كتلة الشمس خمس مرات عندما يبدأ التفاعل النووى للهيدروجين في المنطقة المركزية فإن النجم يفتح بذلك منبعا كبيرا للطاقة يمكنه أن يُعطى إشعاعه لأطوال فترة من وجوده . فبعد مرحلة إنكماش

العملية آية نجوم بين التابع الرئيسى ومنطقة العالقة الحمراء.

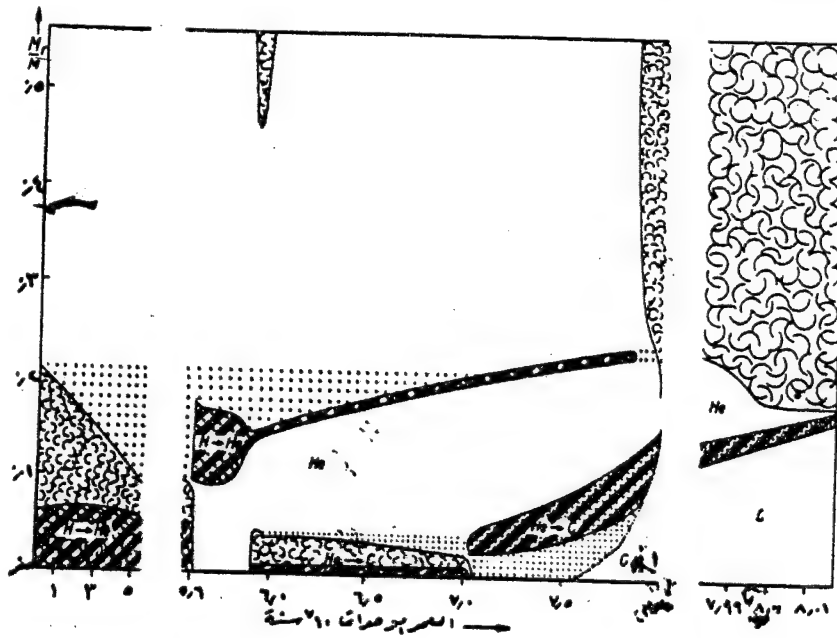
. ببداية الإحتراق المركزى للهليوم يبدأ النجم إنتاج طاقته من منبع جديد فيستمر بذلك لفترة من الزمن فى منطقة العالقة الحمراء من HRD . وحقيقة فإننا نشاهد فى هذا المكان عدیدا من النجوم ، وإن كانت أقل بكثير مما يوجد على التابع الرئيسى ، وهذا راجع إلى أن إحتراق الهليوم يستغرق وقتاً أقصر بكثير مما يستغرقه الإحتراق المركزى للهيدروجين ؛ ويرجع هذا بدوره قبل كل شىء إلى أنه يتحرر لكل جرام إسهلاك من الهليوم فقط عُشر ما يتحرر من جرام الهيدروجين من طاقة . إلا أن قوة إشعاع النجم لا تأتى كلها من إحتراق الهليوم ، فحوله يوجد منبع قشرى يجزئ فيه الهيدروجين .

أثناء الإحتراق المركزى للهليوم يتحول النجم على لولب أو لولبين مختلفى الأحجام (حسب كتلة النجم وتركيبه الكماوى) فى منطقة العالقة من HRD ناحية اليمين واليسار . وفى أثناء ذلك فإن النجم يعبر عدة مرات الشريط الضيق العمودى تقريبا فى شكل هرتز سبرنج - رسل ، والذي يوجد به — نجوم دلتا قيفاوى . وقد إتضح أيضا أن النموذج المحسوب للنجم غير مستقر ، عندما يوجد فى الشريط القيفاوى من HRD ، حيث يتأرجح حول وضع تعادل متوسط بدورة طولها من يوم واحد إلى عشرة أيام (تبعاً لقوة الإشعاع) . هذه التذبذبات تعمل على للتغير الدورى لقوة الإشعاع . ومثل هذا النموذج النجمى يساوى بذلك تماماً متغيراً من نوع دلتا قيفاوى .

وعندما يكون كل الهليوم فى المنطقة المركزية قد تحول بواسطة التفاعلات النووية إلى كربون وأكسجين - فى حالة نجم كتلته قدر كتلة الشمس خمس مرات ينشأ هذين العنصرين مجزأين متساويين - يكف الهليوم عن الإحتراق فى المركز ويستمر سارياً فى ينبوع قشرى يغلف منطقة الكربون

النوية أسرع . وعندما لا يتبقى إلا بعض أجزاء فى المائة من الهيدروجين فى المنطقة المركزية ، يبدأ النجم ككل فى الإنكماش الخفيف . ويتحرك للنجم بذلك فى شكل هرتز سبرنج - رسل بعض الشىء ناحية اليسار وإلى أعلى . ثم يجمد إحتراق الهيدروجين كلية فى المنطقة المركزية بعد أن ينفذ الهيدروجين كله هناك . يحدث ذلك لنجم كتلته خمس مرات مثل الشمس بعد ٥٦ مليون سنة ، وبذلك تنتهى حالة التابع الرئيسى للنجم . فى أثناء كل هذا الوقت يوجد النجم دائماً فى الشريط من HRD ، الذى نشاهد فيه نجوم التابع الرئيسى .

يتبع ذلك فترة تطور جديدة ، وبالتحديد مرحلة إنكماش النواه وتعدد الغلاف . فى هذا الوقت يتكون النجم من منطقة هليوم مركزية محاطة بغلاف هيدروجين لم يستهلك بعد . تحدث بعد ذلك تفاعلات إحتراق الهيدروجين النووية فى طبقة تغلف منطقة الهليوم ومن هذه الطبقة يستمد النجم قوته الإشعاعية . وحتى الآن لا يمكن لتوى الهليوم التفاعل مع بعضها ، لأن درجة الحرارة مازال منخفضة عما يلزم لهذا الغرض . وحيث أن المنطقة المركزية تنكمش ، فإن درجة الحرارة والكثافة يرتفعان مع الزمن . ويظل ذلك سارياً حتى يبدأ الإحتراق المركزى للهليوم . فى أثناء إنكماش المنطقة المركزية يتمدد الغلاف الخارجى للنجم كله بشده ويصبح النجم عملاقاً . وحيث أن قوة الإشعاع لم تتغير كثيراً فإن ذلك يقتضى إنخفاض درجة حرارة السطح بشده ، وذلك حتى يُشع كل سم<sup>2</sup> من مساحة السطح المتزايدة طاقة أقل . وفى شكل هرتز سبرنج - رسل يسير النجم فى طريق تطوره بعيداً ناحية اليمين فى منطقة العالقة الحمراء . وهذه الحركة سريعة جداً نسبياً ، إذا قارناها بالتطور السابق ، فهى تستغرق ٣ مليون سنة . ويبدو ذلك مفهوماً لأنها تُقاد بواسطة الإنكماش المركزى والذي له مقياس زمنى إنكماشى قصير نسبياً هذا التطور السريع خلال أجزاء متباعدة من HRD يشرح أيضاً ، لماذا لا نجد من الوجهة



(١) التغير الزمني داخل نجم كتلته ٥ مرات مثل الشمس وقد رسمت الكتلة النسبية  $M_r$  مقابل عمر النجم بوحدة ١٠ مليون نسمة منذ بلوغه خط التتابع الرئيسي. ( $M_r$  هي الكتلة التي تحويها كرة نصف قطرها ٣ حول مركز النجم البالغ كتلته الكلية  $M$ ). وتدل الأماكن الموجبة على سيادة تيارات الحمل، وللناطق المشرقة هي التي تزيد فيها إنتاجية عن ١٠٠٠ البرج جم. بينا المناطق المنقطعة هي التي يقل فيها كل من الهيدروجين والهيليوم إلى الداخل

المركزية أي، أننا وجدنا المسار التالي للمنطقة المركزية من النجم : بداية تفاعل نووي - نفاذ الوقود ووقوف التفاعل النووي - إنكماش وتسخين - بداية التفاعل النووي التالي - وهكذا . وفي كل تفاعل نووي جديد تنشأ عناصر كيميائية أثقل مما قبله . وعندما ينتهي احتراق ما ، لنفاذ نوع التوى المتفاعل (أي، الوقود) يستمر هذا الاحتراق عموماً في قشرة حول المنطقة المركزية . ويمكن أن يوجد عديد من اللتابع القشرية ذوات احتراقات مختلفة في نفس الوقت وفي نفس النجم مبتلعة ببطء المادة النجمية في اتجاه الخارج . ويسير ذلك فقط حتى يتكون الحديد في المنطقة المركزية ، وذلك لأن تكوين عنصر أثقل لايجبر طاقة وإنما يستهلكها . ويمكن أن يكون لهذه الظاهرة نتائج طامية بالنسبة للنجم ، إذ يمكن أن تتكشش المنطقة المركزية بشدة بالغة وعند سقوط ما فوقها من أجزاء يتفجر النجم . وقد حاول البعض دراسة ذلك كسبب في ظاهرة السوبر نوبا .

والأكسجين . وينتكش النطاق المركزي مع التسخين ، حتى - في حالة النجوم الأكبر كتلة من ذلك بعض الشيء - ترتفع درجة الحرارة بدرجة كافية للتفاعل النووي القادم ، أي احتراق الكربون . في أثناء هذا الإنكماش يتعدد الغلاف الخارجى للنجم بشدة ويسرعه . ويتحول النجم في  $HRD$  مع إرتفاع حاد في قوة الإشعاع موازياً تقريباً من خط - هاياشي . وهنا نفقد المعرفة الدقيقة بتطور مثل هذه النجوم ، لأنه لم يمكن حتى الآن إجراء حسابات لهذه المرحلة من التطور .

التطور اللاحق للنجوم الأكبر كتلة : مما وصفنا حتى الآن يمكن إستنتاج كيفية تطور النجوم كبيرة الكتلة بعد ذلك . فبمنتهى البساطة يمكن وصف أساس ما حدث من تطور حتى الآن وما يعقب ذلك كالآتي : فترات تطور بطيئة (مقياس زمني نووي) لإشعاع نووي مركزي يتبادل مع فترات تطور سريعة (مقياس إنكماش) تنكش فيها المناطق

فوق التابع الرئيسى إلى الهدوء وذلك عندما يبدأ احتراق الهيدروجين في منطقة المركزية. ويتطور النجم ببطء (بالمقياس الزمني النوى) عن طريق استنفاد التفاعلات النووية التدريجية للهيدروجين في المنطقة المركزية. ويتطلب النجم في ذلك وقتاً أطول مما يتطلبه نجم كتلته خمس مرات مثل كتلة الشمس، لأن إشعاع الطاقة من النجم الأصغر كتلة. وبالتالي يستهلكه للوقود في كل ثانية أقل بكثير. تقدر قوة النجم الإشعاعية في البداية بحوالى ١٩٩ قدر قوة إشعاع الشمس. ويحتاج هذا النجم لإستهلاك هيدروجين منطقتة المركزية حوالى ٦٥ بليون سنة وفي ذلك يتضح اختلافاً آخر عن النجوم ذات الكتل الكبيرة: فالنجم ليست له تيارات حمل في المنطقة المركزية. تعمل على خلط مادته هناك. وعليه فالهليوم الناشئ يبقى عند مكان تكوينه وبذلك تحترق المنطقة المركزية ببطء من الداخل إلى الخارج حتى تحدث التفاعلات النووية فقط في قشرة محيطية بالهليوم المركزى. يأكل هذا المنبع القشري مادة النجم من الداخل إلى الخارج فيزداد بذلك محتوى الهليوم في الداخل.

وفي **HRD** يتجول النجم أثناء الاحتراق المركزى للهيدروجين بعض الشيء إلى أعلى أى تزداد قوته الإشعاعية. وعند نفاذ الهيدروجين المركزى تنكمش منطقة الهليوم بينما يتمدد الغلاف الخارجى. وبما يشبه النجم ذى الكتلة مثل كتلة الشمس ٥ مرات فإن النجم يتحرك أثناء ذلك في **HRD** على طريق تطوره مع الثبات التقريبي لقوة الإشعاع ناحية اليمين، إلى المنطقة التى توجد بها النجوم المنخفضة في درجة حرارة سطحها والكبيرة في نصف قطرها. ولا يمكن لهذه الحركة أن تبعد بالنجم كثيراً عن التابع الرئيسى مثل النجوم كبيرة الكتلة. لأنه في مثل قوة الإشعاع المنخفضة هذه يمر التابع الرئيسى قريباً من خط - هاباشى، الذى لا يمكن لأى نجم أن يعبره. معنى ذلك أن نجماً كتلة ١٢٣ قدر كتلة الشمس يمكنه فقط أن يتمدد عندما تعلق في نفس الوقت قوة إشعاعه

إن النظام البسيط لإحتراق نووى - إنكماش - الإحتراق التالى - يعمل فقط عندما يكفى الإنكماش البنى لتسخين المنطقة المركزية حتى يمكن للإحتراق التالى أن يبدأ (في كل إحتراق تنشأ نوى ذرات - لها شحنة كهربية أعلى من الموجودة سابقاً - الشيء الذى يتطلب طاقة أعلى للتفاعل اللاحق أى درجات حرارة أعلى). يظل الإنكماش يؤدي إلى إرتفاع في درجة الحرارة طالما أن مادة النجم لا تزال غير كثيفة جداً، وإلا فإن المادة تحيد عن الغاز التالى ولا يؤدي الإنكماش بعد ذلك إلى تسخين أكثر. الأمر الذى لا يمكن معه للإحتراق التالى أن يبدأ. ومن الناحية العملية فإن المنطقة المركزية المنكمشة لا بد لها من كتلة معينة على الأقل حتى تبلغ درجة حرارة إحتراق معين. وهذه الكتل الصغرى تبلغ ٠.١ قدر كتلة الشمس لإحتراق الهيدروجين، و  $\frac{1}{100}$  كتلة الشمس لإحتراق الهليوم ثم ٠.٩ قدر كتلة الشمس لإحتراق الكربون وذلك بتقديرات تقريبية. ولهذا فإن النجوم كبيرة الكتلة يمكنها توفير كتلة أكبر في المنطقة المركزية وبالتالي السير في هذا النظام شوطاً أبعد من النجوم صغيرة الكتلة. وهناك صعوبة أخرى تأتي من أنه في حالات التطور اللاحقة وفي المنطقة المركزية تنشأ أعداد كثيرة من النيوترونوز، تستمد طاقتها من الطاقة الحرارية. سالبة إياها من النجم، فتبرد المنطقة المركزية.

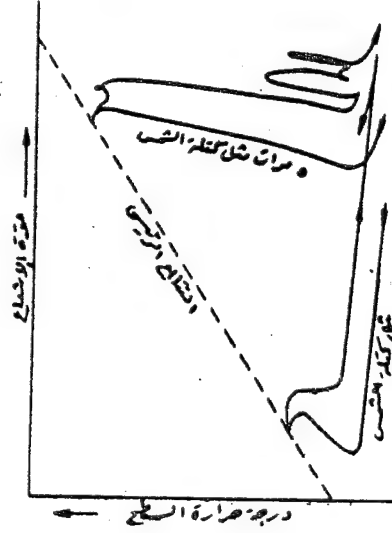
إن الكثير من النجوم ينهى مشوار عمره كأقزام بيضاء. وهذا ممكن فقط عندما تفقد هذه النجوم قبل ذلك جزءاً كبيراً من كتلتها الأصلية. مثل هذا التطور الذى يؤدي تحت تأثير فقد الكتلة إلى حالة الأقزام البيضاء، أمكن حسابه حتى الآن في حالة المزدوجات المتلاصقة (إنظر بعده).

إحتراق الهيدروجين وبداية إحتراق الهليوم في النجوم صغيرة الكتلة: تنسب إلى النجوم صغيرة الكتلة كل النجوم التى تقل كتلتها عن ١٥ مره قدر كتلة الشمس. وكمثال لذلك نناقش تطور نجم كتلته ١٢٣ قدر كتلة الشمس. يتخلد النجم عند العمر صفر

المركزية تقريبا متساوية في درجة حرارتها مع ما فوقها من منبع قشري (الشكل — التركيب الداخلي للنجوم).

فقط عندما تصل كتلة منطقة الهليوم خلال احتراق ما حولها من مادة هيدروجينية إلى ٠.٦ قدر كتلة الشمس ترتفع فيها درجة الحرارة (بفعل عمليات كثيرة التعقيد) إلى حوالى ١٠٠ مليون درجة . ثم تبدأ التفاعلات النووية للهيليوم . إلا أن ذلك أيضا يحدث بطريقة مختلفة تماما عن حالة النجوم كبيرة الكتلة . التي يبدأ فيها الاحتراق في مادة غير حيودية . ففي حالة نجم كتلته ١.٣ قدر كتلة الشمس يبدأ احتراق الهليوم في مادة حيودية ، الشيء الذى ينتج عنه ما يسمى «بالفلاش» ( التركيب الداخلى للنجوم . استقرار النجوم ) ، فما تحرره التفاعلات النووية من طاقة لا يمكن إستفادته خلال تعدد المنطقة المركزية — مثل ما ينتج من الغاز المثالى في حالة النجوم كبيرة الكتلة — ولا بد من إمتصاصها كطاقة حرارية . الشيء الذى يجعل التفاعلات النوية تبدأ بسرعة وتنتج طاقة أكبر . تتحول بدورها إلى طاقة حرارية وهكذا . وخلال هذه العملية الشيطانية يتجمع إنتاج فائض من طاقة التفاعلات النووية يصل في الأعاق البعيدة داخل النجم إلى حوالى ١٠٠ بليون مره قدر قوة إشعاع الشمس . ويمكن مقارنة ذلك بإنتاجية الطاقة لمجموعة نجمية (أى مجرة) كاملة ! . إلا أن هذه الطاقة الهائلة لا تتقل ناحية الخارج . ولا يستمر الفلاش أيضا إلا لوقت قصير (القيم العاليه حقا تستمر من دقائق إلى ساعات فقط) . ويتم إمتصاص الطاقة في الطبقات الأعلى غير الحيودية وتتحول إلى تمدد . ويقف الفلاش عندما ترتفع درجة الحرارة في منطقة الاشتعال . بحيث لا تصبح المادة حيودية على الرغم من كثافتها العالية .

يظهر الفلاش في أعلى طريق التطور وفي الوقت الذى يسود فيه فائض طاقة في داخل النجم ، لا يتقل إلى سطحه ، فإن قوة إشعاع النجم — كما يتضح من الحساب — تقل ويسير طريق التطور إلى أسفل .



(٢) تطور النجوم في شكل هرتزسبرنج - رسل لنجم كتلته ٥ مرات وآخر كتلته ١.٣ مثل كتلة الشمس .

بشده . وبذلك فإن النجم يتحرك على طول خط — هاباشى إلى أعلى في  $HRD$  وذلك بالضغط هو ما يتضح من التطور المحسوب في المرحلة الزمنية التي تنكشف فيها منطقة الهليوم المركزية وتزداد كتلتها . في أثناء ذلك ترتفع قوة إشعاع النجم بمقدار ١٠٠٠ إلى ٣٠٠٠ مره قدر قوة إشعاع الشمس . وتنتج هذه الطاقة خلال احتراق الهيدروجين في المنبع القشري الذى يغلف منطقة الهليوم .

ولإنكماش منطقة الهليوم في نجم كتلته ١.٣ قدر كتلة الشمس نتائج مختلفة تماما عما للنجم كبير الكتلة . يرجع ذلك إلى أن النجم على التابع الرئيسى له كثافة مركزية أكبر بكثير (حوالى ١٠٠ جم/سم<sup>٣</sup>) بحيث ينطبق مبدأ حيود الغاز (بصورة أدق : غاز الإليكترونات — معادلات الحاله) . تصنع الاليكترونات في أثناء ذلك ضغطا عاليا جدا . غير معتمد على درجة حرارتها . وعندما تكون الكثافة عالية بدرجة كافية . يمكن أن يحمل هذا الغاز وزن الطبقات التى تعلوه بدون ما حاجه إلى سخونة شديدة . وفي الحقيقة فإن مثل هذا الغاز أيضا لا ترتفع درجة حرارته عاليا بسبب الإنكماش . وبذلك لا يمكن أن يبدأ احتراق الهليوم . وتبقى منطقة الهليوم



التابع الرئيسى مملوء من أعلى (النجوم كبيرة الكتلة) . وتقع النجوم صغيرة الكتلة على النقيض من ذلك ناحية اليمين وإلى أعلى التابع الرئيسى ، لأنها لا تزال في حالة الإنكماش ، ولم تصل بعد إلى التابع الرئيسى .

وبالنسبة للحشود العادية المفتوحة فإن الجزء السفلى من التابع الرئيسى في *HRD* مملوءا حتى ما يسمى الإنخفاء . وهذا الجزء السفلى يحتوى على النجوم صغيرة الكتلة التى لم نجد منذ نشأتها وقتا كافيا كى تتطور بعيدا عن التابع الرئيسى . وبعد نقطة الإنخفاء نجد أن التابع الرئيسى على العكس من ذلك خاليا ، إلا أنه يوجد بالقرب من ذلك بعض النجوم ، التى تحولت إلى أعلى ناحية اليمين خلال تطورها . وتعطى النظرية قيمة كتلة النجم التى تنتمى إلى قوة الإشعاع عند نقطة الإنخفاء ، كما تعطى فوق ذلك العمر الذى تبدأ عنده هذه الكتلة فى التجول ناحية اليمين . من هنا يمكن إستنتاج عمر الحشد من قوة الإشعاع عند نقطة الانخفاء . وللحشود النجمية فى شكل هرتز سبرنج - رسل فجوة واضحة إلى اليمين ثم يتبعها عدد من النجوم فى منطقة المائلة الحمر . وهنا تنعكس طرق التطور تماما بالنسبة للنجوم كبيرة الكتلة ، إلا أنها تمكنت فقط من التطور بعيدا عن التابع الرئيسى ، لأنها تتطور بسرعة أكبر كثيرا عن النجوم صغيرة الكتلة . وتمثل الفجوة التطور السريع ، الذى يحدث أثناء إنكماش المنطقة المركزية وتمدد الغلاف الخارجى بين إحتراق كل من الهيدروجين والهليوم .

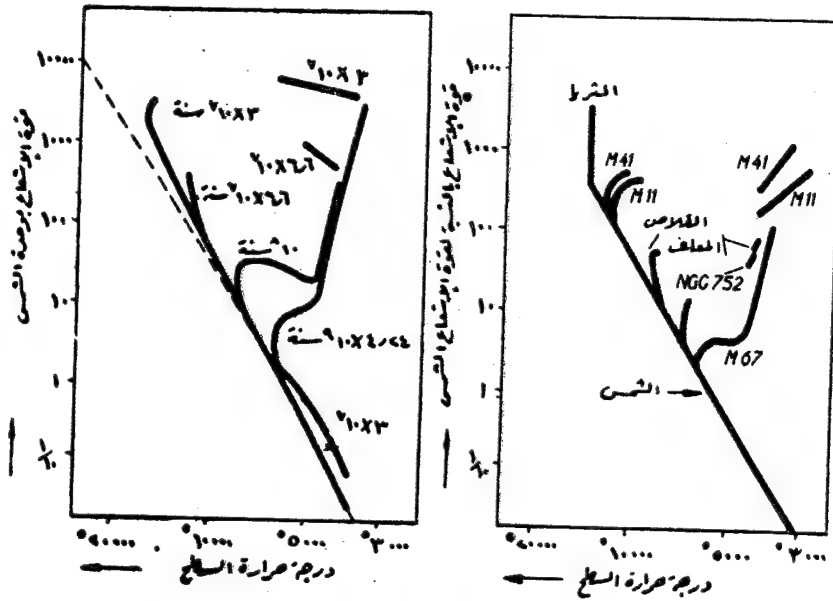
تعد الحشود الكروية أكبر الحشود عمرا . لهذا فإن شكل هرتز سبرنج - رسل يبدو مختلفا ففيها نجد أن أسفل جزء من التابع الرئيسى مليئا بالنجوم عند النجوم التى تبلغ كتلتها حوالى كتلة الشمس أو أقل . والنجوم التى تزيد كتلتها عن كتلة الشمس أتيج لها من الزمن ما يكفى لكى تتجول بعيدا عن التابع

وعلى الرغم من الجهودات الكبيرة فإنه لم يمكن متابعة هذه الحسابات بعد ذلك ، نظرا لازدياد الصعوبات . إننا نعرف جيدا نجوما سارت فى تطورها حتى بداية الفلاش : وهذه هى تحت المائلة الحمراء والمائلة الحمراء فى الحشود الكروية ، وبالذات تلك النجوم التى توجد فى *HRD* على فرع المائلة حاد الميل .

أما ما يتعلق بتطور النجوم صغيرة الكتلة بعد ذلك فتوجد له دراسات نظرية ، إلا أنها لم تعطى حتى الآن نتائج واضحة الدلالة تماما . ويمكن الزعم بأنه يتبع الفلاش مرحلة تطور هادئ من الإحتراق العادى للهليوم فى المنطقة المركزية . وأبعد من ذلك يمكن إفتراض وجود النجم فوق فرع المائلة الأفقى الذى يوجد فى *HRD* لكل الحشود النجمية الكروية . ومن البديهي أن هذا الفرع الأفقى يأتى من سلوك النجم فى تطوره طريقا أفقيا فى *HRD* . إلا أنه لا يزال غير واضح ما إذا كان النجم يسلك فى أثناء تطوره هذا الطريق من اليسار إلى اليمين أو العكس . ويعتمد جزئيا على ما إذا كان النجم يعانى من فقد كبير فى كتلته أثناء الفلاش ، الشئ الذى لم يمكن التأكد منه بعد . وعندما يتحرك النجم - فى هذا الإنحياز أو ذاك - فوق الفرع الأفقى فلا بد له أن يعبر المنطقة التى توجد بها المتغيرات من نوع *RR* السلياق . وفى الحقيقة فإن هذه المنطقة عبارة عن الإمتداد السفلى لشريط القيفاويات ، الذى تنبض كل ما فيه من نجوم .

التطور وشكل هرتز سبرنج - رسل للحشود النجمية : كما نوهنا عاليا فإن الحشود النجمية ملائمة بصوره خاصة للمقارنة بين النظرية والأرصاد . وتجربى المحاولة بصورة خاصة للحصول من التطورات المحسوبة على إيضاح للتركيب المميز للحشود النجمية فى شكل هرتز سبرنج - رسل . إن لكل من الحشود النجمية الحديثة العمر جدا والحشود المفتوحة والحشود الكروية أشكالا تختلف عن بعضها البعض . فى حالة الحشود النجمية الحديثة العمر جدا نجد أن





(٣) مقارنة بين نتائج حسابات النماذج النظرية لتطور الحشود النجمية (إلى اليسار) بأرصاد حشود نجمية مختلفة (إلى اليمين) ويتضح من الشكلين مدى التوافق الكبير بين النظرية والأرصاد.

الصناعي قد نشأت في نفس الوقت عند العمر - صفر ، ثم بدأت إنكماشها عند خط - هاياشي ، بعد ذلك أخذت النجوم في الزحزحه على طول مسار تطورها حسب سرعات التطور المحسوبة . وبذلك فإن شكل هرتز سبرنج - رسل لهذا الحشد الصناعي يتغير باستمرار . وبالنسبة لقيمة الأعمار المختلفة فقد رُسمت صوراً لحظية للشكل (شكل ٣) . وهذه نصف بوضوح الأشكال المميزة في *HRD* لعديد من أنواع الحشود .

يحدث تغير في كتلة نجم ما فقط في مقاطع معينة من تطوره وفي أنواع من النجوم بذاتها . وهذه الظاهرة تأثير كبير على التطور اللاحق للنجم أو على مظهره . يرجع ذلك إلى أن التطور للكتل المختلفة يمكن أن يكون مختلفاً ، وأنه حتى الأغلفة الخارجية الصغيرة التي يطردوها النجم يتم إثارتها حتى الإضاءة فترى بصورة جيدة .

إن كل نجم يفقد أولاً في أثناء إشعاعه للطاقة كل ثانية كتلة كبيرة بالنسبة للمقاييس الأرضية . ومرجع ذلك هو كون كل طاقة مكافئة لكتلة معينة . وبالمقارنة

الرئيسي ، الشيء الذي يشير إلى العمر الطويل للحشد . وعلاوة على ذلك توجد نجوم في شريط يحدد إلى اليمين فوق نقطة الإنحناء . ولا يصل هذا الشريط بعيداً إلى اليمين (غير بعيد من هنا يوجد خط - هاياشي ، ويحدد المنطقة المسموح بها من *HRD*) ، وإنما ينحني بحده إلى أعلى . ويتناسب هذا الشريط جيداً التطور الذي شرحناه لنجم كتلته ١٣ قدر كتلة الشمس ؛ فتتطور النجوم الموجودة في الفرع الصاعد في مرحلة فلاش الهليوم . والفرع الصاعد في *HRD* للحشود الكروية عبارة عن تتابع وتجميد لخط - هاياشي . وأخيراً فإن للحشود الكروية في *HRD* فرع عمالقة أفقى منفصل ، من المحتمل أن توجد به النجوم في مرحلة الاحتراق الهادئ للهليوم .

تظهر الأنواع المختلفة من *HRD* للحشود المختلفة فقط كنتيجة للأعمار المختلفة جداً في هذه الحشود . ويمكننا التحقق من الإنعكاس الجيد الذي تعطيه الحسابات لأشكال هرتز سبرنج - رسل عن طريق الحشد الصناعي الذي قام النظريون بحسابه . ولهذا الغرض تم إقراض ، أن كل نجوم الحشد

يمكن أن تحدث زيادة في الكتلة من تجمع النجم لمادة ما بين النجوم ، لكن ذلك يحدث بطريقة ملاحظة فقط تحت ظروف متطرفة ( ————— ) نظرية التجمع .

تطور المزدوجات النجمية المتلاصقة : من المؤكد أن نجمين مثل هذا الزوج قد نشأ في نفس الوقت ، ومن هنا فعمريها متساويان . ويمكن أن يسهل ذلك من تحليل تطورها الحالى ، خصوصا وأنه يمكننا من حركتها حول مركز ثقلها المشترك تعيين كتلتها . وعلى الرغم من ذلك فقد أعطت الأرصاد ( ————— ) النجوم المزدوجة ) لبعض الأنواع نتائج مفصلة . ففى ما يسمى بالمجموعات النصف متلاصقة نجد أن النجم الأكبر (النجم الرئيسى) لا يزال نجما تابعا غير متطور . بينما النجم صغير الكتلة (التابع) قد تطور إلى عملاق أحمر . إن ذلك يبدو مناقضا لأسس نظرية تطور النجوم : التى تقضى بأن النجم يتطور بسرعة أكبر كلما ازدادت كتلته . وتقابلنا نفس الصعوبة فى مثل هذه المزدوجات تقريبا مثل مجموعة الشعرى البمانية . التى تحتوى على نجم تابع رئيسى كبير الكتلة مع قزم أبيض صغير الكتلة ، انتهى من كل تطوره تقريبا . وقد أمكن حديثا فقط إيجاد تحليل لهذه الصورة .

يأتى الاختلاف فى التطور بين النجوم المنفردة والمزدوجة من أن نجما منفردا يمكنه الهدد بحرية بخلاف النجم المتطور فى المجموعة المزدوجة ، والأخير يعطى كتلة إلى تابعه بعد أن يتمدد إلى درجة معينة . فى أثناء هذا الهدد يقترب النجم الرئيسى بأجزائه الخارجة من التابع وحتى إلى المنطقة التى تتغلب فيها جاذبية الأخير . خلال ذلك تجرى هذه الطبقات إلى التابع تاركه النجم الرئيسى : أى أن النجم الرئيسى يفقد كتلة فيكتسبها التابع .

كمثال لذلك نذكر حساب تطور مزدوج متناسق كتلية الأصلين ١٤ ، ١٠ . ١٠ قدر كتلة الشمس . يبدى كل النجمين على التابع الرئيسى كنجم غير متطور .

بكتلة النجم فإن هذا الفقد من الكتلة قليل بدرجة يمكن إهماله : فالشمس تفقد خلال إشعاعها كل ثانية ٤٣ مليون طن ، الشئ الذى يصنع على مدى ١٠ بليون سنة ٠.٧ ٪ فقط من كتلة الشمس . وهناك فقد آخر فى الكتلة يبدو أنه مؤثر بدرجة كبيرة فى حياة النجم ، وذلك هو ما يحدث أثناء انفجارات السوبرنوبا وأثناء تكوين السدم الكوكبية . خلال ذلك تصبح أجزاء من النجم غير مستقرة وتترلق منه أغلفة ذات كتل غير بسيطة . وهناك فقد بطئ فى الكتلة ( «الرياح النجمية» ) تحدث فى حالة كثير من العملاقة الحمراء ، كما يتضح من الأرصاد . وتعطى كل من الحسابات فقد كتلة متشابه مع الأرصاد (وإن كان قليلا بعض الشئ) أيضا فى حالة الشمس ، وهو ما يسمى بالرياح الشمسية . كذلك فإنه معروف من الأرصاد أن كثيرا من النجوم كبيرة الكتلة (النوع الطيفى O ، B ) تطرد أغلفة رقيقة ، تثار حتى درجة الإضاءة وتعلن عن نفسها خلال خطوط الانبعاث التى تنطبع على طيف النجم . ويأتى فقد المادة هذا من سطح النجم بسبب الدوران السريع للنجوم . خلال ذلك تحدث قوى طرد مركزية ناحية الخارج تستطيع التغلب على قوة الجذب . ونجوم التابع الرئيسى كبيرة الكتلة جدا (حوالى ١٠٠ مره قدر كتلة الشمس) غير مستقرة ، ويحدث لها مع الزمن تذبذبات من أقل اضطراب . ويظل ذلك يحدث حتى تصل الموجات الإصطدامية إلى السطح وهناك تسبب فى طرد مادة . فى أثناء ذلك تفقد الذبذبات طاقة تتوقف على أثرها الذبذبات البسيطة ذات الفقد البسيط من الكتلة . ونتوقع أن تتوزع هذه المادة حول سطح النجم وأن تثار لدرجة الإشعاع معلنه عن نفسها . ومن المحتمل أن تنشأ المتغيرات الشبيهة بالتوفا بهذه الطريقة . فى حالة المزدوجات المتلاصقة من النجوم يحدث تبادل كتلة شديد بين المركبتين : يعطى النجم الرئيسى جزءا كبيرا من كتلته إلى تابعه . وهذا التطور تم حسابه لعديد من الأمثلة (إنظر بعده) .

المركزية بعد كل احتراق نووى حتى صارت المادة فيها غاية في الكثافة وتكون في الأعماق الداخلية للنجم كبير الكتلة إلى حد ما قزم أبيض . ومن الواضح أنه حدث بعد ذلك عن طريق انفجار مازلنا نجهله أن انطلقت الأغلفة الخارجية للنجم وبقي القزم الأبيض الذى تكون في المنطقة المركزية .

إن نتائج تطور النجوم المزدوجة تبدو مختلفة للمزدوجات المختلفة في الكتلة والمسافة الفاصلة بينها . ومن المحتمل أن يمكن عن طريق ذلك تعليل الملامح الخاصة وغير المفهومة لعدد من أنواع النجوم . فمثلا يعطى تبادل الكتلة في بعض النجوم ذات الكتلة الكبيرة نجوما بالغة السخونة وعالية في قوة إشعاعها ، مشابهة لنجوم « وولف - رايت » التى نشاهدها . فإذا فقد النجم كل غلافه الهيدروجين أثناء إحتراق الهيدروجين ، فإننا نرى بعد ذلك طبقات كانت توجد من قبل في الأعماق البعيدة من النجم . وهناك حدث قبل ذلك تفاعلات نووية غيرت في التركيب الكيماوى للمادة . ويمكن أن يعلل هذا ظهور الخصائص في التركيب الكيماوى لمعظم النجوم .

أخيرا تلقى نظرة ثانية على النجم المزدوج الذى شرحناه سابقا والذي تكون فيه قزم أبيض . فالنجم الرئيسى حاليا أصبح كبير الكتلة جدا بفعل تبادل المادة ومن هنا فإنه يتطور بسرعة . أثناء ذلك يتمدد ويدفع من جانبه بالمادة في نطاق جاذبية القزم الأبيض . أى يحدث إعادة للمادة . والآن فإن للقزم الأبيض بسبب مقاييسه مجال جاذبية قوى بالقرب من سطحه . وما يسقط على سطح القزم الأبيض من مادة يتم إسرعاها جدا فتكسب طاقة حركة كبيرة . وأخيرا لابد أن تتحول هذه الطاقة إلى طاقة إشعاع يتم إنبعاثها . ومن المحتمل أن ينشأ في أثناء ذلك كثيرا من الإشعاع قصير الموجه ، بحيث يمكن اعتبار هذا النوع من النجوم كمنابع لأشعة رونتجن . بالإضافة إلى هذا

يفقد النجم الكبير الكتلة هيدروجينية بسرعة أكبر من تابعة . هذا النجم الرئيسى يتطور بالضبط مثلما ذكرنا قبل ذلك لنجم كتلته ١٣٣ قدر كتلة الشمس : تنكش المنطقة المركزية للهليوم في الوقت الذى تتمدد فيه الطبقات الخارجية من النجم فيصير النجم عملاقا احمر . في أثناء هذا التمدد تصل الطبقات الخارجية إلى نطاق جاذبية التابع فتسرى المادة إليه من النجم الرئيسى . وقد أوضحت الحسابات أنه في وقت قصير نسبيا (لقياس زمنى حرارى) تعبر كتل كبيرة بحيث يصبح النجم الرئيسى أقل كتلة من التابع : وتنكس بذلك الأدوار بين النجم الرئيسى والتابع . فالرئيسى حاليا (أى التابع عند البداية) لا يزال غير كبير التطور ، بينما التابع الحالى (أى النجم الرئيسى عند البداية) قد بلغ في تطوره مرحلة العملاق الأحمر ، تماما كما يتضح من الأرصاد لما يسمى بالمزدوجات نصف المتلاصقة . وعند هذا الحد لا يقف انتقال الكتلة . فالتابع الحالى يستمر في تمدده ويفقد بذلك كتلا أكبر من سطحه حتى يفقد كل غلافه الخارجى الذى يحتوى على الهيدروجين . ومن النجم الرئيسى عند البداية تبنى فقط منطقة الهيليوم المركزية ، التى ظلت تنكش معظم الوقت . وعن طريق الإنكماش أصبحت هذه المنطقة كثيفة لدرجة حادت فيها المادة مثلما يحدث في داخل قزم أبيض . يتطور بذلك باقى النجم الذى كان رئيسيا أولاً بشكل ظاهرى وبسرعة إلى قزم أبيض وهو النوع من النجوم الذى نشاهده - مثلما ذكر - حقيقة في عديد من النجوم المزدوجة .

أمكن بذلك أساسا تعليل كيفية تطور النجوم المنفردة إلى اقزام بيضاء : فقد كانت هذه النجوم أولا كبيرة الكتلة جدا عما هى عليه الآن ثم انتهت بسرعة كبيرة نسبيا من عمليات الاحتراق النووى في مناطقها المركزية . ثم انكشست هذه المناطق

من أن أرسادنا للأجرام السماوية المراد تعيين مداراتها لا تحدّد أبعادها عن الأرض بل إتجاهاتها فقط أى زوايا على الكرة السماوية تبين الموقع . ولو أن مسافات الأجرام السماوية عن الأرض معروفة فى الأوقات المختلفة بالإضافة إلى إتجاهاتها لأصبح من السهل تعيين مداراتها وذلك لمعرفتنا بمدار الأرض حول الشمس . (يرجع عدم معرفة المسافات إلى أن الكويكبات والمذنبات حديثة الإكتشاف قد رصدت فى الغالب من مرصد واحد بينما يحتاج التحديد الدقيق للأجرام السماوية فى المجموعة الشمسية أرسادا على الأقل من مرصدين يبعدان عن بعضها بمسافة كبيرة ومعروفه بدقه ) .

أدى ما توصل إليه علم الميكانيكا السماوية من قواعد لحركة جسمين حول بعضها إلى سهولة تعيين المدارات . ويستوجب قانون الجاذبية فى شأن حركة جسمين خاضعين لقوة جذب كليهما فقط ولايؤثر عليهما قوى أخرى ، أن تكون هذه الحركة فى قطاعات مخروطية أى دوائر أو قطع ناقص أو قطع مكافئ أو قطع زائد . وكما نستنتج من الدراسات فإن شكل وحجم ووضع المدار فى الكون وكذلك موقع الجرم السماوى فى وقت ما يمكن تحديدهما فى أغلب الأحوال ، إذا كان الجرم السماوى متحركا فى قطع ناقص ، وذلك بمعلومية ستة أبعاد تمثل —————

عناصر المدار وينطبق هذا على سبيل المثال بالنسبة لمدارات الكواكب والكويكبات . وتعتبر مشكلة تعيين المدار منية عندما نتوصل لتحديد قيمة هذه الأبعاد الستة . ويتطلب هذا ستة رصدات مستقلة عن بعضها تماما ، ويمكن الحصول عليها أيضا بواسطة ثلاث رصدات مواقع مستقلة . وبذلك نحصل على ثلاث قيم للمطلع المستقيم وثلاث إنحرافات عن خط الإستواء للجرم السماوى ( = ٦ معلومه ) ، وكذلك أزمان المشاهدته الثلاث التى حددنا لكل منها المطلع المستقيم والإنحراف عن خط الإستواء . ويضاف إلى ذلك موقع الأرض عند كل نقطة زمنية .

ينشأ أثناء ذلك عدم إستقرار فى النجم . يؤدى إلى انفجار لمعانى . وفى الحقيقة فإننا نعرف نوعا من التواف المتكررة ، التى هى عبارة عن نجوم مزدوجة أحد نجميها قزم أبيض . ولا تزال هذه المجالات غير تامة الدراسة من الناحية النظرية .

### التعادل الإشعاعي

radiative equilibrium  
équilibre radiatif (sm)  
Strahlungsgleichgewicht (sn)

← التركيب الداخلى للنجوم .

### التعادل الميكانيكى

mechanical equilibrium  
équilibre mécanique (sm)  
mechanisches Gleichgewicht (sn)

← التركيب الداخلى للنجوم .

### تعيين المثل

position determination  
détermination de la position (sf)  
Ortsbestimmung (sf)

← التحديد الجغرافى للمكان .

### تعيين المدار

determination of orbit  
détermination d'une orbite (sf)  
Bahnbestimmung (sf)

أحد فروع الميكانيكا السماوية الذى يهتم باستخراج مدارات الأجرام السماوية من خلال مواقعها المرصودة . ونعنى بذلك فى الغالب تحديد مدارات الأجسام الحديثة الإكتشاف فى المجموعة الشمسية .

تأتى صعوبة تحديد مدارات أجسام المجموعة الشمسية (الكواكب والكويكبات والمذنبات) من كونها تدور حول الشمس ، بينما مواقعها على الكرة السماوية تتعين من على الأرض التى تدور بدورها حول الشمس . من هنا فإن المدار الظاهرى على الكرة السماوية للجرم سماوى مشاهد من الأرض ليس فقط صورته للمدار الحقيقى حول الشمس ولكنه متأثر أيضا بحركة الأرض حول الشمس . وهناك عيب آخر ينشأ

إضطرابات المدار التي قد تنشأ نتيجة لتأثير الكواكب الكبيرة ( ← الإضطرابات ). في هذه الحالة لابد من تحديد عناصر المدار وكذلك تغييرها الزمنى .

نستطيع تعيين المدارات كبيرة الإهليجية للمذنبات عن طريق خمسة أرصاد ، حيث أن ذلك يتطلب خمسة عناصر فقط تحقق القطع الكامل تماما . فإذا حدث وكانت الاختلافات كبيرة بين النتائج والأرصاد يصبح من الضروري تعيين مدار على شكل قطع ناقص .

كان «كبلر» ( في عام ١٦٠٩ ) هو أول من تمكن من إستنتاج مدار كوكب حول الشمس . وكان ذلك هو كوكب المريخ . بعد ذلك أعطى كل من «لاجرانج» و «لابلاس» طرقا رياضية للحل وإن كان التحليل العددي في غنى عنها . وعلى التقيض من ذلك كانت طريقة «أولير» التي أعلنها عام ١٧٩٧ لتحديد مدار المذنب عملية لدرجة أنها تستعمل حتى الآن . وقد حمل إكتشاف كويكب سيرس وإفتقاده السريع «جاوس» ( ١٨٠٩ ) إلى عمل طريقة لتعيين المدار تتطلب فقط ثلاثة أرصاد لتحديد عناصر المدار عموما . ولا زالت هذه الطريقة تمثل حتى الآن أساسا لتحديد المدارات في القطاعات الناقصة .

تتبع مدارات الأقمار الصناعية وسفن الفضاء بنفس الطرق وإن كانت دراسة مدارات هذه الأجسام أسهل نظرا لمعرفتنا المسبقة بها قبل إنطلاق تلك الأجرام الصناعية ، وما علينا إلا أن نتحكم فقط في بلوغها الهدف . علاوة على ذلك فإنه من الممكن تحديد مسافاتنا بدقة كبيرة لوجودها في الغالب في مدار قريب من الأرض . ومن ناحية أخرى فإن مدارات الأقمار الصناعية وسفن الفضاء تعاني من الإضطرابات ( ← قر صناعى أرضى ) نتيجة لقربها من الأرض ولهذا فإن المدار يتغير بسرعة .

وخارج المجموعة الشمسية يجرى أيضا تحديد مدارات وذلك في حالة ← النجوم

والطريقة المباشرة لتعيين المدار تتلخص في محاولة تحديد مسافات الجرم السماوى عن الأرض بطريقة مقربة من خلال خطوات متتابعة . ويجب أن تستوفى نقط الأرصاد شرطين ؛ إذا لابد أن تقع الثلاث نقط - التي تقاس إحداثياتها على إعتبار مركزية الشمس - في مستوى يحتوى كذلك الشمس . وتلك إحدى خصائص حركة جسم حول آخر في المجموعة الشمسية ، عندما لا يوجد ثالث يسبب الإضطراب . والشرط الثانى أنه في أثناء حركة جرم سماوى حول الشمس فلا بد من إستيفاء قانون المساحة الذى يقطع تبعاً له خط الاتصال بين الجرم السماوى والشمس مساحات متساوية في أزمنة متساوية أى أن المواقع الثلاثة المرصودة لابد أن تحقق شرط الاستواء وشرط ديناميكية المدار بحيث تحقق قانون المساحة . نحاول بعد ذلك تعيين المسافة إلى الجرم السماوى من خلال الخطوات المتتابعة لكل رصد من الأرصاد . ويمكننا إجراء ذلك فقط بطريقة تقريبية لكون المعادلات من الدرجة السابعة أو الثامنة وهذا فإن الشرطين يتحققان فقط بطريقة تقريبية . ومن خلال التحسينات يمكن الحصول على قيم للمسافات قريبة من الحقيقة بحيث يتحقق الشرطان بالدقة الكافية بعد ذلك وبعمونة ما حصلنا عليه من مسافات الجرم السماوى يمكننا تعيين عناصر المدار تحديدا واضحا .

وإذا ما أردنا تحديد مدار مؤقت لكويكب حديث الاكتشاف بحيث يمكن من ذلك حساب موقعه على الكرة السماوية في الأيام اللاحقة ، فإننا نكتفى بتحديد مدار دائرى من خلال رصدتين ، لأن المدار الدائرى يتعين موضعه بمعلومية أربعة عناصر . والدقة في هذه الحالة ليست كبيرة حيث أننا إستخدمنا جزءا صغيرا فقط من المدار . وعلى الرغم من ذلك فإن هذه تمكنتنا من إجراء الحسابات الزمنية . أما إذا تواجدت عندنا ثلاثة أرصاد منفصلة ومتقاربة من بعضها البعض فإنه يمكننا تعيين مدار القطع الناقص . ولتعيين المدار الحقيقي يلزم أن نأخذ في الإعتبار

الشمس . الشئ الذى يلاحظ أثناء كسوف الشمس .

التغير من المركز إلى الحافة

center - limb variation  
variation centre - bord (sf)  
Mitte - Rand - Variation (sf)

هى الفروق بين ما يصل من ضوء مركز قرص الشمس وما يصل من عند حافتها من إشعاع :  
← الشمس .

تفاعل بروتون - بروتون

proton - proton reaction  
réaction proton - proton (sf)  
Proton - Proton (H - H) Reaktion (sf)

← إنتاج طاقة النجوم .

تفاعل ساليتر

Salpeter reaction  
reaction de Salpeter (sf)  
Salpeter - Prozess (sm)

هو تفاعل نووى يتسبب في ← إنتاج طاقة النجوم ، وقد سمي هذا التفاعل تبعاً لمكتشفه «ساليتر» .

التحريك

resolving power  
pouvoir de résolution (séparateur) (sm)  
Dispersion (sf)

هو ← التحليل .

التفصيل (أو القدره على التحليل)

resolving power  
pouvoir de resolution (separateur) (sm)  
Auflösungsvermögen (sm)

هو عبارته عن مقياس لقوة تفريق ←  
المنظار أو ← أجهزة الفلك الراديوى أو المطياف .

التقدير السلمى

step method  
méthode des degrés (d'Argelandre) (sf)  
Stufenabschätzung (sf)

هو طريقة بسيطة أدخلها «أرجيلندره» في الفلك لتقدير اللمعان غير المعروف لنجم ما بالمقارنة بنجوم أخرى . ويتم ذلك بأن يقدر لمعان النجم على

المزدوجة . والى تختلف أرصادها كثيراً عن أجسام المجموعة الشمسية . وتبعاً لذلك تختلف الطرق المطبقة لتعيين مداراتها .

التغير

variation  
variation (sf)  
Variation (sf)

(١) اضطراب في ← حركة القمر .

(٢) التارجح اليومى أو السنوى في شيوع  
← الشهب .

تغير الاختلاف المركزى (للمدار القمر)

evection  
évection (sf)  
Evektion (sf)

← اضطراب حركة القمر .

تغير الأطوار

change of the lunar phases  
variation des phases de la lune (sf),  
changement des phases de la lune (sm)  
Phasenwechsel (sm)

← الأطوار .

تغير الضوء

light variation  
variation lumineuse (sf)  
Lichtwechsel (sm)

هو تغير اللمعان الظاهرى لجرم سماوى مع الزمن ، على سبيل المثال للقمر وللنجوم المتغيرة .

التغير الأدياباتي (الأدياباتي)

adiabatic  
adiabatique  
adiabatisch

هو تميز لتغير الحالة الطبيعية (مثل درجة الحرارة والضغط والكثافة) لكتلة غازية بحيث لا يحدث تبادل حرارى بينها وبين الوسط المحيط بها .

تغير مسار الضوء

deflection of light  
déviation des rayons lumineux (sf)  
Lichtablenkung (sf)

هو ما تنبأت به ← نظرية النسبية من

تغير في مسار ضوء النجوم أثناء مروره في مجال جاذبية

الشذوذ - أساس لكل التقاويم القديمة . ولا يحتوى الشهر الاقتراني على عدد كامل من الأيام وإنما على ٢٩ر٥٣٠٦ يوما ، ولذلك تمر شهورا مختلفة الطول فيكون إحداها ٢٩ يوما وما يليه ٣٠ يوما ثم ٢٩ يوما وهكذا نجد ١٢ شهرا إقترانيا ستة منها بأطوال ٢٩ يوما والستة الأخرى بأطوال ٣٠ يوما وتعطى جميعها ٣٥٤ يوما بينما يكون مجموع طول ١٢ شهرا إقترانيا ستة قمرية طولها ٣٦٧ر٣٥٤ يوما . وحيث أن السنة القمرية لا تحتوى فقط أيام كاملة فإنه ينتج عن ذلك أن تتابع سنين ذات أطوال مختلفة ، أى لابد من إدخال سنوات كبيسة حتى يحدث تطابق بين السنين التقويمية والقمرية . والسنة القمرية لا تعتمد على دورة الشمس الظاهرية وتقتصر عن السنة المدارية بنحو ١١ يوما . والسنة المدارية هي الفترة الزمنية بين عبورين متتاليين للشمس بنقطة الربيع . ولهذا السبب فإن بداية السنة القمرية تتحرك خلال جميع فصول السنة .

والفترة الزمنية المناسبة والتي تلى الشهر في الطول هي زمن تكرار فصول السنة ، أى السنة المدارية وطولها ٣٦٥ر٢٤٢٢ يوما . ونظرا لأنها لا تحتوى على عدد كامل من الأيام فإن ذلك يتطلب إدخال سنين كبيسة حتى تبقى بداية العام ثابتة مع تكرار الفصول وحتى نحصل على سنة شمسية محددة . فبعد مرور عدد من السنين العادية بطول ٣٦٥ يوما تأتى في الدورة المنتظمة سنة تزيد يوما ، أى سنة كبيسة . أما إذا بقي طول السنة ثابتا على ٣٦٥ يوما فإن بداية العام تنتقل لال فصول السنة وينشأ من ذلك سنة شمسية متقلبة .

وفي السنة الشمس قمرية أو القمرية المحكومة نأخذ في الاعتبار كل من أطوار القمر واختلاف الفصول . وفي تلك السنة يدخل شهر إضافي برقم ١٣ لتدارك الأيام التي تكمل السنة القمرية إلى السنة الإستوائية وبحيث تبقى الشهور مطابقة لدورة القمر وتبقى كذلك بداية العام ثابتة إلا من بعض الترغحات البسيطة . ويمكن إجراء نفس الشيء بدورة طولها ١٩ سنة يكون فيها ١٢ سنة كل منها ١٢ شهرا و٧ سنوات كل منها ١٣ شهرا ، وذلك لأن ١٩ سنة إستوائية

مقياس يتم معايرته على نجوم معروفة اللعان ؛ ولذلك فإن المقياس يختلف من راصد إلى آخر . ويبلغ كل سلم حوالى ١٠ قدرا . ويجانب تعيين لعان النجوم في السماء فإن التقدير السلمى يمكن إستخدامه أيضا لتحديد درجة سواد أقراص النجوم على الصور الفوتوغرافية ( ← السوفتومتر ) . ودقة هذه الطريقة ليست عالية جدا ؛ وتقدر بحوالى سلمه أى ١٠ قدرا .

### التقسيم الطيفي

spectral classification  
classification spectrale (sf)  
Specktralklassifikation (sf)

هو ترتيب طيف النجوم في ← الأنواع الطيفية ؛ وفي حالة التقسيم الثنائى تنتظم النجوم بالإضافة إلى الطيف أيضا بالنسبة لنوع القوة الإشعاعية .

### تقسيم هارفارد

Harvard classification  
classification de Harvard (sf)  
Harvard - Klassifikation (sf)

نظام لتقسيم أطيف النجوم تم عمله في مرصد هارفارد (الولايات المتحدة الأمريكية) ؛ ← النوع الطيفي .

### التقويم

calender  
calendrier (sm)  
Kalender (sm)

هو تقسيم الزمن إلى فترات كبيرة تبعا لوجهة النظر الفلكية . وهناك إمكانيات مختلفة لعمل مثل هذا التقسيم ، أى أنه توجد تقاويم مختلفة ، إلا أنها جميعا تستعمل فترات زمنية كأساس لها وأصغر فترة زمنية في التقويم هي اليوم ويليه في الكبر الشهر الإقتراني ، وهو عبارة عن الفترة الزمنية بين حدوث طور أو وجه واحد للقمر مرتين ، الشيء الذى اعتبر - بعض النظر عن بعض



تكاذ تعطى ٢٣٥ شهرا إقترانيا ويبلغ الفرق فقط ٠.٠٨٦٦٦ يوما .

لرابع من أكتوبر نفس العام ، على أن تكون بداية الربيع في الحادى والعشرين من مارس كل عام . كما عدل جريجورى كذلك نظام السنوات الكبيسة القديم ، الذى يزيد فيه طول السنة الرابعة يوما بعد ثلاث سنوات بأن اعتبر السنوات التى تكمل قرنا كاملا ولا تقبل القسمة على ٤٠٠ سنوات بسيطة (على سبيل المثال ١٩٠٠ ، ٢١٠٠) . وبذلك يبلغ متوسط طول السنة الجريجورانية ٣٦٥.٢٤٢٥ يوما . ومنذ حوالى عام ٦٠٧ ق . م توصف السنوات بأنها قبل الميلاد أو بعد ميلاد المسيح (الميلاد) ، وأحيانا يستعمل تعبير قبل بداية حساب الزمن أو من حسابنا للزمن وباختصار ق . م ، ب . م .

### التقويم المصرى :

يرتكز التقويم المصرى على السنة الشمسية المتحركة ، التى تحتوى على ١٢ شهرا كل منها ٣٠ يوما بالإضافة إلى ٥ أيام نسيء . وفى خلال ١٤٦٠ سنة يوليانية (دورة سوثيس أو دورة نجم الكلب ؛ سوثيس = الشرى الجمانية أو نجم الكلب) تكون بداية السنة قد مرت بجميع الفصول ، بحيث أنه بعد هذا العدد من السنين تكون بداية السنة المصرية مع الشروق الإحترافى للشرى الجمانية . ومنذ عام ٢٣٨ ق . م أصبح يضاف يوم لكل أربع سنوات بحيث تثبت بداية العام مع الفصول . وقد عمل «سيسر» بهذه القاعدة أيضا فى تقويمه .

### التقويم الهجرى :

يرتكز التقويم الهجرى على السنة القمرية فقط وله دوره تغيير قدرها ٣٠ سنة . وبصرف النظر عن الشهور توجد أسابيع طول كل منها ٧ أيام يبدأ كل يوم بغروب الشمس . أحصى التقويم الهجرى بالنسبة لإنتقال سيدنا محمد من مكة ، والذى حدث فى ١٦ يوليو عام ٦٢٢ ميلادية . وهناك قاعدة حسابية تقريبية يتم على أساسه الحساب المسبق للسعام

إن أساس التقويم الجريجورى هو سنة ثابتة تماما . وقد كان التقويم السابق لذلك هو التقويم اليولياني . وحيث أن الدورة الكبيسة لسنة الرومان الشمس قرية كانت إختيارية فقد أدى ذلك إلى عدم إنتظام التقويم كله وقرر السيد الأكبر ، الحاكم الرومانى ، يوليوس قيصر (١٠٠ - ٤٤ ق . م) تعديل التقويم . وتم بالاشتراك مع العالم الإسكندرى سوسيجتر ضبط بداية العام مع أقصر أيام السنة . وفى عام ٤٦ ق . م أضيف إلى ذلك ٦٧ يوما وبذلك أصبح طول العام لأول وآخر مرة ٤٤٥ يوما . بعد ذلك صارت الشهور غير معتمدة على دورة القمر وبأطوال ٣٠ ثم ٣١ يوما على التوالى أما شهر فبراير فأعتبر كشهر ضبط وطوله ٣٠ أو ٢٩ يوما ؛ فبعد ثلاث سنوات طول كل منها ٣٦٥ يوما تأتى سنة كبية طولها ٣٦٦ يوما . وبعد موت «سيسر» أدخلت عن طريق الخطأ سنة كبيسة كل ستين عاديتين . ونحت حكم «أغسطس» (٦٣ - ١٤ ق . م) أعتبرت عمدا ثلاث سنين كبيسة كسنيين بسيطة وذلك بغرض التعادل . وعدلت أسماء الأشهر رقم ٥ ، ٦ من التقويم الرومانى القديم إلى يوليو وأغسطس تكريما ليوليوس قيصر وأوجوستوس وإزداد أغسطس يوما على حساب شهر فبراير . ولا تزال نستعمل أسماء وأطوال الشهور اليوليانية فى تقاويمنا . ويبلغ الطول المتوسط للسنة اليوليانية ٣٦٥.٢٤٢٥ يوما . وقد بدأ إحصاء السنين اليوليانية منذ تأسيس مدينة روما وكان ذلك عام ٧٥٣ ق . م .

### التقويم الجريجورى :

نظرا لأن السنة اليوليانية طويلة بعض الشيء عنالسة الإستوائية فإن بداية العام تترجح . وقد تراكم هذا الخطأ حتى بلغ ١٠ أيام فى القرن السادس عشر . لذلك شرع البابا جريجورى تعديلا للتقويم يكون فيه الخامس عشر من أكتوبر ١٥٨٢ هو اليوم التالى

ويأتى هذا الاختلاف من الأهواء الشخصية في حساب بداية السنة . وفي هذا التقويم يبدأ اليوم في الساعة السادسة مساءً . وتحصى السنوات اليهودية منذ «خلق العالم» الذى اعتبر في ٧ أكتوبر عام ٣٧٦١ ق. م. وقد وافق يوم ٢٦ سبتمبر عام ١٩٨٤ م بداية العام ٥٧٤٥ اليهودى .

#### التقويم اليونانى :

يرتكز التقويم اليونانى على السنة الشمس قرية . ومنذ عام ٤٣٢ ق. م أدخلت دورة التغير الميتوني . وتبعاً لها فإن الأعوام ٣ ، ٥ ، ٨ ، ١١ ، ١٣ ، ١٦ ، ١٩ سنوات كبيسة . ومنذ عام ٣٣٠ ق. م كانت هناك دورة تغير طولها ٦٧ عاماً أدخلها «كاليبوس» . وكان الأسبوع مكوناً من عشرة أيام يبدأ فيها اليوم من غروب الشمس . وتحصى السنين بالنسبة للدوره الأولمبيه التى إستمرت أربع سنوات وبدأت في ٨ يوليو عام ٧٧٦ ق. م .

إن أبسط تقويم هو العدد المتسلسل للأيام بدون انقطاع وهذا ما اقترحه «سكيلجر» في عام ١٥٨٢ ويعرف ذلك في الفلك باسم (والد سكيلجر) بالتاريخ الجولياني ( J.D ) . وترجع بساطة هذا التقويم إلى سهولة إيجاد فرق الزمن بين الفترات الزمنية الموجودة في أكثر من عام . يبدأ اليوم في هذا التقويم عند الساعة ١٢ بالتوقيت العالمى وذلك منذ بداية يناير عام ٤٧١٣ ق. م . وأول يناير عام ١٩٨٥ الساعة ١٢ بالتوقيت العالمى هو المناظر لليوم ٢٤٤٦٠٦٧ بالتاريخ الجولياني ( ————— ) ← مجداول VIII في الملحق ) .

#### تقويم مجرى

Nautical Almanac

← حوله فلكيه .

#### التقويم الفلكى

Astronomical Ephemeris

← حوله فلكيه .

المجربى . على أن تصحح بعد ذلك تبعاً للرؤية خاصة في بداية شهور العبادات المتميزة مثل شعبان ورمضان وذى الحجة والحرم . وترتكز هذه القاعدة على دوره طولها ٣٠ عاماً منها ١٩ عاماً بسيطة (أى طول كل منها ٣٥٤ يوماً) . و١١ عاماً كبيسة (أى طول كل منها ٣٥٥ يوماً) . وتعطى الشهور أرقاماً بدءاً بالحرم رقم ١ ثم صفر رقم ٢ وهكذا حتى ذى الحجة رقم ١٢ . وأطوال الشهور الفردية ٣٠ يوماً والزوجية ٢٩ يوماً ما عدا في السنة الكبيسة يكون طول الشهر رقم ١٢ (ذى الحجة) ٣٠ يوماً . والسنين الكبيسة في هذه الدورة هى أرقام ٢ ، ٥ ، ٧ ، ١٠ ، ١٣ ، ١٦ ، ١٨ ، ٢١ ، ٢٤ ، ٢٦ ، ٢٩ . أما باقى السنين فهى بسيطة . وقد بدأت الدورة الأخيرة عام ١٣٨١ هجرية . والخطأ في هذه القاعدة الحسابية صغير ولا يتعدى يوم خلال العام . والتقويم المجرى لا يعتمد على الحساب فقط وإنما يشترط إلخماس رؤية الهلال يوم التاسع والعشرين من الشهر فإن ثبتت رؤيته بعد غروب الشمس كان اليوم التالى هو بداية الشهر الجديد . وإلا فهو المتمم لأيام الشهر ثلاثين يوماً . وقد وافق يوم ٢٦ سبتمبر عام ١٩٨٤ م بداية عام ١٤٠٥ هجرية .

#### التقويم اليهودى :

يرتكز التقويم اليهودى على السنة الشمس قرية . وقد طرأت عليه تحسينات في عام ٣٣٨ بحيث لم يعد يتحدد بداية الشهر عن طريق رصد القمر (كأول وقت يمكن فيه مشاهدة هلال القمر بعد ميلاده) وإنما يتم هذا التحديد حالياً عن طريق الحسابات وفى النظام الدورى كل ١٩ سنة فإن السنوات أرقام ٣ ، ٦ ، ٨ ، ١١ ، ١٤ ، ١٧ ، ١٩ سنوات كبيسة . ويمكننا التمييز في هذا التقويم بين السنوات البسيطة وطول كل منها ٣٥٣ يوماً والسنوات المتظمة وطول كل منها ٣٥٤ يوماً ثم السنوات الكبيسة وطول كل منها ٣٥٥ يوماً . وكذلك بعض السنوات الكبيسة التى يكون طول كل منها ٣٨٣ أو ٣٨٤ أو ٣٨٥ يوماً .

ترى في ليالى الصيف مائله على الأفق من خطوط  
عرض معظم البلاد العربية .

### التلسكوب الراديوي

radio telescope  
radiotélescope (sm)  
Radioteleskop (sn)

هو واحد ————— ← الأجهزة الفلكية  
الراديوية .

### تلسكوب هال

hale telescope  
télescope d'Hale (sm)  
Hale - Teleskop (sn)

هو التلسكوب أو المنظار ٥ متر الأمريكى .

### التلوين

reddening  
rougissement (sm)  
Verfärbung (sf)

هو تغير توزيع شدة اللمعان في طيف نجم ما .  
وينشأ ذلك بفعل الإمتصاص الانتخاى  
————— ← لغبار ما بين النجوم . أى إمتصاص  
يختلف في شدته عند الأطوال الموجية المختلفة . وتسمى  
هذه العلاقة بقانون التلوين .

### التمدد

expansion  
expansion (sf)  
Expansion (sf)

عند تغليب الإزاحة المنتظمة في الخطوط الطيفية  
للمجرات الخارجية على أنها راجعة إلى ظاهرة دوبلر .  
فإن هذا يقودنا إلى إفترض تمدد الكون ، أى إلى  
إفترض أن الكون ككل في حالة تمدد ؛  
————— ← « ظاهرة هبل » . ————— ←  
الكسمولوجى .

### التنجيم أو علم دلالات النجوم والأجرام السمائية الأخرى

astrology  
astrologie (sf)  
Astrologie (sf)

هو عبارته عن تعاليم خاطئة تدعى أن ما يحدث  
على الكرة السماوية له تأثير محدود ومعروف على مجرى

### التكبير

magnification  
grussissement (sm), grandissement (sm)  
Vergrößerung (sf)

### المنظار .

### تكتيت

tectite  
tectite (sf)  
Tektit (sm)

هو كتلة كروية خضراء في الغالب ومكونة من  
مادة صعبة الإنصهار وتتكون ثلاثة أرباعها من  
أكسيد السيلكون  $SiO_2$  . وجدت هذه  
التكوينات في أماكن معينة من الكرة الأرضية .  
وحسب المكان الذى وجدت فيه فإننا نميز اللدافيت  
( تشيكو سلوفاكيا ) والأستراليت ( أستراليا )  
والبليتونيت ( إسم جزيرة بيلتونج في أندونيسيا ) . ومن  
المحتمل أن يكون التكتيت عبارة عن تركيبات تكونت  
أثناء إرتطام نيازك ضخمة بالأرض ؛ فها يتحرر من  
طاقة في أثناء مثل هذه العملية يمكن أن تكون كبيرة  
جدا لدرجة تؤدي إلى تبخر كل كتلة النيزك وجزء من  
مادة قشرة الأرض ، وفي بعض الحالات ينشأ  
التكتيت بعد ذلك من البخار المتكاثف . ويحتمل أن  
يكون ما وجد في تراب سطح القمر من تكوينات  
زجاجية كثيرة وكروية الشكل غالبا ( ————— ←  
القمر ) قد نشأ بنفس الطريقة عند ارتطام النيازك  
بسطح القمر .

### تكثفات الكورونا الشمسية

coronal condensations  
condensations coronales (pf)  
koronal Kondensationen (pf)

هى مناطق ساخنة وكثيفة جدا في ————— ←  
الكورونا الشمسية .

### التلسكوب

Telescopium, Tel (L)  
telescope  
télescope (sm)  
Fernrohr (sn)

- (١) تماما مثل ————— ← المنظار .  
(٢) إحدى كوكبات نصف الكرة الجنوبي التى

حوالى ٣٠ على الدائرة البروجية فإننا نجد أن برج الثور يقع في المكان الذى كان يحتوى الحمل سابقا والحمل في مكان الحوت ... وهكذا . وتنقسم الدائرة البروجية إلى منازل . والمنازل الستة الأولى (مبتدأ من الشرق) تقع تحت الأفق بينما المنازل من السابع حتى الثانى عشر (من ناحية الغرب) تقع فوق الأفق . ويطلق المنزل الأول على البرج - الطالع - الذى يبدأ في الظهور فوق أفق المشاهد نتيجة للحركة الظاهرية للكرة السماوية ثم تترتب الأبراج الأخرى في المنازل المتبقية . وعلى ذلك فإنه في خلال يوم نجوى يعبر كل برج جميع المنازل في تتابع تناقصى .

وعند عمل هوروسكوب (طالع) لشخص ما تراعى أوضاع الأجرام السماوية في المنازل المختلفة وعلى وجه الخصوص وضع الميلاد أى وضع الكوكب الذى تواجد في وقت ميلاد هذا الشخص في المنزل الأول ، وهذا يحدد قبل غيره طبائع شخصيته وحظه . ويسمى وضع الأجرام السماوية في ساعة الميلاد بالطالع .

وتأخذ الكواكب والشمس والقمر وكذلك كل منزل وبرج من الأبراج صفات معينة تزداد قوة أو تضعف على حسب ما يوجد بها من أجرام سماوية ذات صفات تتفق أو تختلف مع صفات المنازل أو الأبراج ذاتها . ويسير في ذلك التنبؤ على نظام معين . فمثلا تعطى البروج على التوالى وبالتبادل صفات ذكور وإناث . ويكون مثلا نتيجة ذلك أن يحصل الثور على صفات إناث ؟

ومن خلال تبديلات متقنة للإحتمالات الكثيرة يمكن إستنتاج أشياء كثيرة تسر صاحبها من مواقع الأجرام السماوية في المنازل والأبراج ، خصوصا وأن دلالات التنجيم متعددة . وفي مقابل التنبؤات الصحيحة النادرة للتنجيم يقابل الناس بأعداد لا يمكن إحصاؤها من التنبؤات الخاطئة ومن أبسط الدلائل ضد التنجيم أنه لا يستطيع بالهوروسكوب أن يفرق بين طالع فرد أو توأم . فلا بد أن يتج عن

الحوادث على الأرض . ونحاول تلك التعاليم على وجه الخصوص إستنتاج طبائع وحياة الأدميين والتنبؤ بها وذلك من أوضاع الأجرام السماوية . يرجع أصل التنجيم إلى علم الهيئة في الشرق وخصوصا عند البابليين ، حيث كان قساوسهم في نفس الوقت فلكيين ومنجمين . وعن هؤلاء جاءتنا مصطلحات التنجيم الجهنمية ولكن بدون أن تتركز حتى على أقل قدر من الحقائق . وقد ظل الفلك والتنجيم مرتبطان ارتباطا وثيقا حتى في العصور الوسطى . فقام العالم الفلكي «كبلر» ببعض التنبؤات كى يتمكن من إكتساب قوته ولكن عن غير إقتناع بحقيقة تلك الحرافات . ويرفض علم الفلك الحديث كل أنواع التنجيم رفضا باتا ، حيث أن التنجيم لا يستند على خبرة حقيقية من جهة ولا تؤيده قوانين طبيعية من جهة أخرى ، وبهذا فإن التنجيم غير علمى كلية . إن هذا لا يعنى أن التنجيم قد إنقرض ، بل إنه على العكس من ذلك يستعمل في إبتزاز أقوات ضعاف الإيمان والمتشائمين من الناس وخصوصا في البلاد الرأسمالية . وفي التنبؤ بسير حياة الناس وطباعهم وفرص الزواج وغيره يستخدم ما يسمى بالطالع أو الهوروسكوب وهو عبارة عن رسم لمواقع الكواكب والشمس والقمر على الكرة السماوية عند وقت ميلاد الشخص أو عند الوقت الذى يراد التنبؤ له . وفي حالات كثيرة يقتصر المنجم على الكواكب التى ترى بالعين المجردة . في هذه الحالة تؤخذ فقط مواقع الأجرام السماوية في داخل منطقة البروج في الإعتبار . ومنطقة البروج مقسمة إلى ١٢ قسما متساويا تبدأ من نقطة الإعتدال الربيعى ولكل منها إسم برج من البروج ، وهى الحمل والثور والتوأمين والسرطان والأسد والعذراء (السنبلة) ، والميزان والعقرب والقوس (الرامي) والجدى ، والدلو (ساكب الماء) والحوت . وبرج الحمل يحتل تبعا لذلك خطوط الطول البروجية من صفر حتى ٣٠ ، والثور من ٣٠ إلى ٦٠ .. وهكذا . وحيث أن نقطة الإعتدال الربيعى قد ترحزحت نتيجة لترنح الإعتدالين

## توابع زحل

Saturn's satellites  
satellites de saturne  
Saturnmonde (pm)

يملك زحل ١٧ تابعا ( ————— ) تابع .  
الجدول ) أكبرها تيتان ويقارن حجمه بـ كوكب  
عطارد . وبسبب كبر كتلته وانخفاض درجة حرارته  
فإن تيتان يحتفظ بغلاف جوى . يشابه في تركيبه  
الغلاف الجوى لزحل . تتحرك توابع زحل . باستثناء  
فوى ذى الحركة التراجعية . قريبة من مستوى إستواء  
الكوكب .

## تابعى المريخ

Mars's satellites  
satellites des Mars (pm)  
Marsmonde (pm)

للمريخ تابعان هما فوبوس ودايموس  
( ————— ) التابع . الجدول ) وكلاهما يصعب  
ملاحظته لأنها صغيران ويبعدان فقط بمسافة بسيطة  
عن الكوكب . يدور فوبوس حول المريخ على بعد  
٢٧٧٧ قدر نصف قطر للمريخ يزن فورا أقل من  
زمن دوران الكوكب حول نفسه ولذلك يشرق  
فوبوس بالنسبة للكوكب ناحية الغرب ويغرب ناحية  
الشرق . وقد أعطت حركة هذين التابعين إمكانية  
لتحديد كتلة المريخ بدقة .

## توابع المشترى

Jupiter's satellites  
satellites de Jupiter (pm)  
Jupitermonde (pm)

تم إكتشاف ١٥ تابعا تدور حول المشترى . وكان  
إكتشاف ألمع أربعة منها ( ————— ) تابع ،  
الجدول ) على يد جاليلى عام ١٦١٠ . إستغل  
«رومير» خسوف أقمار جاليلى ، التى يرى دورانها في  
نظارة ميدان كمبرجية مثيرة ، وذلك في تعبته  
————— سرعة الضوء . ويرجع اللعان الكبير  
لهذه الأقمار إلى كبر أحجامها . ويكاد كل من القمرين  
جانيميد وكالستو أن يضارعا بقطره البالغ ٥٠٠٠ كم

التنجيم نفس الصفات ونفس الحظ لكل من فردى  
التوأم ، لأن وضع الأجرام السماوية لم يتغير كثيرا في  
الفترة بين ميلاديهما . هذا في حين أنه معروف على  
العكس من ذلك أن التوأمين يختلفان في الطباع  
والمستقبل . كذلك فإنه حسب التنجيم يتساوى أكثر  
من عشرة آلاف شخص يولدون في ساعة واحدة على  
الأرض في حظهم نظرا لتساوى طالعهم .

ومن حين لآخر يعمد المنجمون إلى إستنتاج  
حالات الطقس من أوضاع الكواكب وخصوصا  
القمر . وهذا أيضا مفضل وغير علمي تماما مثل  
التنجيم .

## التنين

Draco, Dra (L)  
dragon  
dragon (sm)  
Drache (sm)

كوكبه كبيره من كوكبات نصف الكرة السماوية  
الشمالى . تبقى أغلبها فوق الأفق دائما في خطوط  
عرض شمال البلاد العربية ، وتكاد تحتوى تقريبا كل  
الدب الأصغر . وفي التنين يقع القطب الشمالى لدائرة  
البروج .

## تقني

draconic  
draconique  
drakonistish

منسوب إلى حَقْنَقَى مدار القمر ، وهناك أيضا  
————— الشهر التنينى أو الدراكونى .

## التنينيات

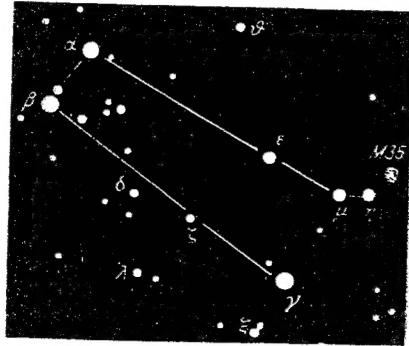
draconids  
draconiés (pm)  
Drakoniden (pm)

تيار من الشهب يظهر دوريا في التاسع من أكتوبر  
في كوكبة التنين . وقد نشأت التنينيات من المذنب  
1923 III X (جيا كوينى - تسنر) وأنتجت في عام  
١٩٣٣ لعدة ساعات تيار مستمر من الشهب . ويتبع  
هذا المذنب سحابة شديدة من التيازك .

## التوأمان

Gemini, Gem (L)  
heavenly twins  
gêmeaux (sm)  
Zwillinge (sm)

أحد أبراج دائرة الحيوانات في نصف الكرة السماوية الشمالى ، ويظهر في ليالى الشتاء . تعبر الشمس هذا البرج أثناء حركتها السنوية الظاهرية من النصف الثانى لشهر يونيو حتى النصف الثانى لشهر يوليو . ويمكن تمييز التوأمان بسهولة في السماء . لأن النجمين المتمين إليه ؛ ————— كاستور (  $\alpha$  التوأمان ) وبولوكس لها تقريبا نفس اللمعان ويبعدان عن بعضهما فقط  $5.4^\circ$  . وكاستور نجم مزدوج جميل يمكن تمييز مكوناته بالتكبير الشديد . وحتى بنظارة ميدان بسيطة فإننا نرى كل من النجمين  $\alpha$  و  $\beta$  كمزدوجات . في هذا البرج توجد أيضا سلسلة من الحشود النجمية على سبيل المثال  $M 35$  الذى يرى بالعين المجردة .



برج التوأمان	
ألمع نجمين فيه هما : $\alpha$	
الأسم اللاتينى	الأسم العربى
Castor	رأس أفلون
$\beta$	رأس التوأم المؤخر (أو رأس هرقل)
القدر	
1.58	1.15
النوع الطيفى	
A1	K0
نوع قوة الاشعاع	
V	III
المسافة بالبارسك	
14	11

## التوأميات

geminids  
géménides (pm)  
Geminiden (pm)

← تيار شهب .

قطر كوكب عطارد . والبياض ( العاكسيه ) العالى المدهش للثلاث أقمار يو وأوروبا وجانيميد وكاليسو ( حتى  $4.0^\circ$  مقابل قمر الأرض  $0.7^\circ$  ) يرجع إلى وجود غلاف جوى رقيق ، تأكيد وجود ميثان وأمونيا فيه . تدور الأقمار الخمسة يو وأوروبا وجانيميد وكاليسو وأملثيا حول المشتري في مدارات إهليجية قريبا من مستوى مداره ؛ أما الأقمار الباقية فإن لها علاقات حركة مختلفة تماما عن ذلك ، بل إن باسفى وسينوى وكارمى وأنانكى يتحركون بدوران تراجعى . ولمعان التوابع الأربعة الأخيره صغير جدا - اخفت من القدر 17 - لدرجة أنه لا يمكن مشاهدتها إلا فوتوغرافيا .

## تابعى نبتون

Neptune's satellites  
satellites de Neptune (pm)  
Neptunemonde (pm)

تم إكتشاف إثنين من التوابع حول نبتون . تربتون وهو جسم كبير نسبيا ويدور في حركة تراجعية في مدار دائرى حول الكوكب مرة كل 59 يوما ؛ أما نريدى فهو على النقيض من ذلك صغير جدا ويمكن رصده فوتوغرافيا فقط ومداره أكبر مدارات التوابع المعروفة إستطاله (  $e = 0.7$  ) . ويبعد نريدى حتى 10 مليون كم عن الكوكب . ( ————— تابع ، الجدول ) .

## توابع يورانوس

uranus's satellites  
satellites d'Uranus (pm)  
Uranusmonde (pm)

تدور توابع يورانوس الخمسة في مدارات تقع في مستوى إستواء الكوكب ، أى تقريبا عموديا على مستوى مدار يورانوس وآخر فر تم إكتشافه ، ميراندا ، هو عبارة عن جسم صغير جدا . أما تيتانيا فله على العكس من ذلك قطر يبلغ 1000 كم . ولزبد من التفاصيل أنظر ————— تابع . الجدول .

## توقيت غرب أوروبا

west - european time  
heure de l'Europe occidentale (sf)  
westeuropäische Zeit (sf)

← الزمن

## توقيت القاهرة

Cairo time  
heure de Caire (sf)  
kairoer Zeit (sf)

← الزمن

## توقيت وسط أوروبا

central - european time  
heure de l'Europe centrale (sf)  
mitteleuropäische Zeit (sf)

← الزمن

## التيار البروجي

ecliptic shower  
essaim éclipse (sm)  
Eklyptikalstrom (sm)

← تيار شهب يميل مداره بقليل جدا على

مستوى البروج

## تيار الثور

taurus shower  
essaim du taureau (sm)  
Taurusstrom (sm)

← حشد نجمي متحرك يتنمى إلى نجوم القلائص

## تيار الحمل

convection  
convection (sf)  
Konvektion (sf)

هو تيار من كميات مادية كبيرة في السوائل أو الغازات ينشأ على سبيل المثال من الاختلاف في درجة الحرارة ، ويؤدي بواسطة ما يحدثه من تقلب إلى التساوى في درجات الحرارة . تلعب تيارات الحمل دورا كبيرا في ← التركيب الداخلي للنجوم وكذلك في ← الغلاف الجوى النجمي وذلك في مجال إنتقال الطاقة .

## التيار الدبى

bear's shower  
essaim oursique (sf)  
Barenstrom (sm)

← حشد الدب الأكبر

## توبو سينترك

topocentric  
topocentrique  
topozentrisch

منسوب إلى الموقع المتوسط المرصود

## التوجيه بالأجرام السماوية

orientation with the heavenly bodies  
orientation avec des corps célestes (sf)  
Orientierung nach Gestirne (sf)

لمعرفة الإتجاهات الأصلية يمكن إستخدام كل من نجم القطبية والشمس . ولما كانت القطبية تقع قريبا من قطب السماء الشمالى فإننا نجد نقطة الشمال الأرضى عند تلاقى العمود الساقط من نجم القطبية على الأفق . وللتعرف على نجم القطبية نمد الخط الواصل بين العجلتين الخلفيتين للعبة السماوية الكبرى في كوكبه الدب الأكمثر وذلك بمقدار خمسة أضعاف المسافة بينهما ( الشكل ؛ ← الدب القطبي ) . أما في أثناء النهار فيمكننا الإستدلال على الإتجاه التقريبي للجنوب من وضع الشمس . ولهذا الغرض فإننا ندير ساعة ، بحيث يتجه مؤشرها الصغير ناحية الشمس . وفي هذه الحالة يشير منتصف الزاوية بين إتجاه الشمس والرقم ١٢ إلى ناحية الجنوب تقريبا . (يراعى أن يؤخذ لهذا الغرض التوقيت المحلى العادى وليس التوقيت الصينى أن وجد ) .

## التوقيت

time  
temps (sm)  
Zeit (sf)

← الزمن

## توقيت شرق أوروبا

eastern - european time  
heure de l'Europe orientale (sf)  
osteuropäische Zeit (sf)

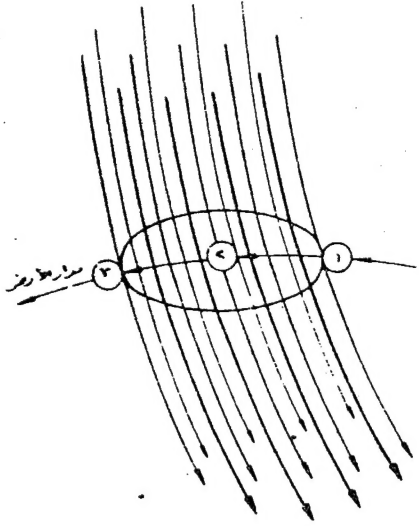
← الزمن

## التوقيت العالمى

universal time, U. T  
temps universel (sm)  
Weltzeit (sf)

هو الزمن المحلى ( الزمن الشمسى المتوسط ) لخط الزوال صفر أى خط زوال جرينتش ( ← الزمن ) .





(١) أجزاء من مدارات تيار نيزكي موضعا عليه مكان الأرض في مدارها عند بداية (١) ، وعند أوج (٢) وعند نهاية (٣) رؤية التيار والقطع الناقص هو مقطع مستوى مدار الأرض بتيار النيازك .

تلقت النظر ولو بدون رصد تعرف عموما تحت اسم **الفتائل النجمية** ، وبعض تيارات النيازك تكون ضعيفة لدرجة أن شيوخ الشهب لا يتأثر بها بدرجة ملحوظة . يعطى تيار نيازك دائم كل عام نفس العدد من الشهب (على سبيل المثال الفرساوسيات) ، ويتسبب التيار الدوري في إرتفاع كبير في شيوخ الشهب على فترات من بضع سنين (مثل **الأسدييات** ) . والتيارات الغير مستقره تعطي بعض المرات شهبا يصير بعدها التيار عديم الدلالة (مثل **المسيلات** ) .

على حسب مظهرها فإن أفراد التيار النيزكي المتوازية تدور كما لو كانت نابعة من نقطة (أو منطقة) بذاتها من السماء . تسمى هذه النقطة بالمنبع أو مصدر الشعاع ، ويتحدد مكانها من إنجاء حركة تيار النيازك وحركة الأرض في مدارها ، أى أنها تتحدد بواسطة حركة التيار المنسوب إلى الأرض المتحركة . ومن المنبع الظاهري نحصل على المنبع الحقيقي عندما نأخذ حركة الأرض في مدارها أيضا في الاعتبار . وعلى ذلك فإن المنبع الظاهري يوضح إنجاء حركة التيار بالنسبة للشمس ولما كان النيزك يقضى فترة قصيرة فقط في مداره كشهاب لذلك لا بد من مد مدار

## تيار النجوم

star stream

courant d'étoiles (sm)

Sternstrom (sm)

عدد من النجوم يتحرك بانتظام في إنجاء مفضل . وهناك نوعان من تيارات النجوم : (١) تيارات النجوم المحلية أو **الحشود النجمية** المتحركة ، التي تتحرك أعضاؤها في خطوط متوازية ولها نفس السرعة في الفضاء ، (٢) تيارات النجوم الإحصائية التي نفترضها لتحليل علاقة الحركة في المنطقة المحيطة بالشمس . وإذا ما فحصنا على وجه التحديد حركة كل هذه النجوم من ناحية السرعة والإنجاء . فإنه يتضح أن كل الإنجاءات لا تظهر بنفس الشيوخ . فثلا تتحرك في سكة التبانة نجوما أكثر ناحية مركز المجرة وفي الإنجاء العكسى عما يتحرك من النجوم في الإنجاء العمودى على ذلك . وهذا التوزيع الغير متماثل لإنجاءات الحركة ثم تعليقه بتيارين يتجهان إلى مركز المجرة وإلى الإنجاء المضاد في داخل هذين التيارين تنتشر قيم السرعات وإنجاءاتها في منطقة عريضة . على خلاف ما يوجد في تيارات النجوم المحلية .

## التيار النهارى

daytime stream

essaim diurne (sm)

Tageslichtstrom (sm)

هو **تيار النيازك** الذى لا يمكن مشاهدته بصريا وإنما فقط بطريقة صدى الراديو (شهاب) نظرا لوجوده على الجانب النهارى من الأرض .

## تيار النيازك أو الشهب

meteor stream

essaim de météores (sm)

Meteorstrom (sm)

رذاذ من النيازك أو ما يتبع عنها من شهب ، تتحرك في مدارات متوازية ويرتفع عدد الشهب بدرجة ملحوظة حينما يدور حول الأرض تيار من النيازك . وتعطى التيارات الشديدة مثل الفرساوسيات حتى ٤٠ شهابا كل ساعة . مثل هذه التيارات التي